

CELINA WISNIEWSKI KOEHLER

Variação Estacional da Deposição de Serapilheira e de
Nutrientes em Povoamentos de *Pinus taeda* na Região
de Ponta Grossa-PR

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Título de "Doutor em Ciências Florestais.

CURITIBA

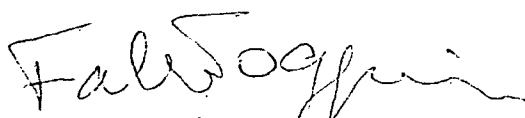
1989

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

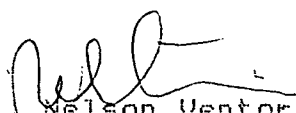
P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Tese de Doutorado apresentada pela candidata CELINA WISNIEWSKI KOEHLER, sob o título "VARIACÃO ESTACIONAL DE SERAPILHEIRA E DE NUTRIENTES EM POVOAMENTOS DE Pinus taeda NA REGIÃO DE PONTA GROSSA-PR." para obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais-Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração: SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Tese completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

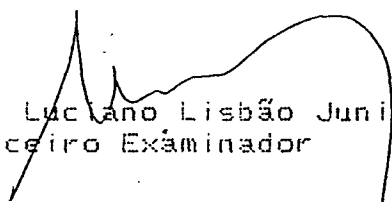
Curitiba, 15 dezembro de 1989



Prof. Dr. Fábio Roggiani
Primeiro Examinador



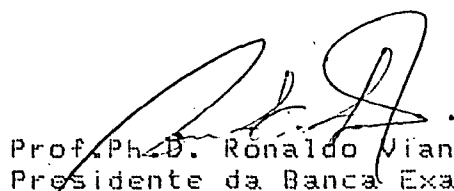
Prof. Dr. Nelson Ventorim
Segundo Examinador



Prof. Dr. Luciano Lisboa Junior
Terceiro Examinador



Profa. Dra. Beatriz Monte Serrat Prevedello
Quarta Examinadora



Prof. Ph.D. Ronaldo Viana Soares
Presidente da Banca Examinadora

A

Henrique,
Barbara
Mariana
Pedro Henrique
Ligia

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares, pela orientação segura e apoio;

Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, co-orientador, amigo e companheiro em todas as fases deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Mario Takao Inoue, pela co-orientação;

Ao Prof. Henrique Soares Koehler, pela inestimável colaboração na parte estatística, na computação dos dados e na edição do texto final; pelo apoio e estímulo ao longo da execução deste trabalho;

Aos laboratoristas Cleusa Maria Barth e Aldair Marty Munhoz pela valiosa colaboração nas análises químicas;

Aos estagiários Walmir Detzel, Denise Jeton Cardoso, Emilio Trevisan, Elenice Lacombe Nadvorny, Darci Rodrigues da Veiga, Josiane Cava Guimaraes, Luciane Gomes e Elisabeth Rose Sperança que com suas contribuições tornaram possível este todo;

A Universidade Federal do Paraná por possibilitar a realização deste curso;

A Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, pelo suporte financeiro que permitiu a execução dos trabalhos de campo;

A empresa Slaviero Florestal S.A., especialmente na pessoa do eng. florestal João Roberto Bora, pela concessão das

facilidades indispensáveis a execução do trabalho experimental de campo;

Ao Centro Nacional de Pesquisas Florestais - CNPF - EMBRAPA, na pessoa do seu Chefe Dr. Luciano Lisboa Jr. pela concessão das facilidades do Laboratório de Solos e Nutrição Mineral e ao laboratorista José Luiz Rausis pelo auxílio na realização de parte das análises químicas.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xx
1 INTRODUÇÃO	01
2 JUSTIFICATIVAS	04
3 OBJETIVOS	06
4 REVISÃO DA LITERATURA	07
4.1 QUEDA DE SERAPILHEIRA	07
4.1.1 Quantidade de material restituído ao solo .	07
4.1.2 Variação estacional	12
4.1.3 Variação anual na queda de serapilheira ...	14
4.1.4 Queda de serapilheira de <u>Pinus taeda</u> L. ...	15
4.2 NUTRIENTES CONTIDOS NA SERAPILHEIRA PRODUZIDA	16
4.2.1 Macronutrientes	16
4.2.2 Micronutrientes e Al	23
5 MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1 O MEIO FÍSICO	28
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SÍTIOS	29
5.3 AMOSTRAGEM	30
5.4 ANÁLISES QUÍMICAS	35
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
6 RESULTADOS	38
6.1 QUANTIDADE DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA	38

		PÁGINA
6.1.1	Acículas produzidas no primeiro ano	38
6.1.2	Total produzido no primeiro ano	43
6.1.3	Outros componentes da serapilheira produzi- da no primeiro ano	44
6.1.4	Acículas produzidas no segundo ano	44
6.1.5	Total produzido no segundo ano	50
6.1.6	Outros componentes da serapilheira produzi- da no segundo ano	51
6.1.7	Variação anual	55
6.1.8	Correlação com variáveis climáticas	56
6.2	TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA PRODUZI- DA	56
6.2.1	Teores de macronutrientes nas acículas	58
6.2.2	Teores de macronutrientes nos outros compo- nentes da serapilheira produzida	58
6.2.3	Teores de macronutrientes no total de sera- pilheira produzida	64
6.2.4	Teores de micronutrientes e Al nas acículas	65
6.2.5	Teores de micronutrientes e Al nos outros componentes da serapilheira produzida	68
6.2.6	Teores de micronutrientes e Al no total de serapilheira produzida	73
6.3	QUANTIDADES DE NUTRIENTES RETORNADOS POR HEC- TARE COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA	75
6.3.1	Macronutrientes retornados com as acículas	
6.3.2	Macronutrientes retornados com os outros componentes da serapilheira produzida	76 82

6.3.3	Quantidade total de macronutrientes retornados com a serapilheira produzida	83
6.3.4	Micronutrientes e Al retornados com as acículas da serapilheira produzida	86
6.3.5	Micronutrientes e Al retornados com os outros componentes da serapilheira produzida	94
6.3.6	Quantidade total de micronutrientes e Al retornados com a serapilheira produzida ...	95
7	DISCUSSÃO	101
7.1	PESO DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA	101
7.2	TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA	108
7.3	QUANTIDADES DE NUTRIENTES RETORNADOS POR HECTARE COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA	115
8	CONCLUSÕES	119
	SUMMARY	122
	APÊNDICE	123
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	COLETOR DE SERAPILHEIRA UTILIZADO	34
2	VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus</u> <u>taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE NO SÍTIO BOM	40
3	VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus</u> <u>taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE NO SÍTIO MÉDIO	41
4	VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus</u> <u>taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE NO SÍTIO RUIM	42
5	VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus</u> <u>taeda</u> PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE NO SÍTIO BOM	52

6	VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus</u> <u>taeda</u> PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE NO SÍTIO MÉDIO	53
7	VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus</u> <u>taeda</u> PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE NO SÍTIO RUIM	54
8	QUANTIDADES (kg/ha/ano) DE MACRONUTRIENTES DE- POSITADOS COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRO- DUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	85
9	QUANTIDADES (g/ha/ano) DE Cu, Zn E B DEPOSITA- DOS COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	97
10	QUANTIDADES (g/ha/ano) DE Fe, Mn E Al DEPOSITA- DOS COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	98

8	VARIAÇÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ha) DA MISCELÂNEA DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 E 16 ANOS DE IDADE	48
9	VARIAÇÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ha) DA SERAPILHEIRA TOTAL DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 E 16 ANOS DE IDADE	49
10	DADOS CLIMÁTICOS COLETADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE VILA VELHA, PONTA GROSSA-PR	56
11	MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE O PESO DAS ACÍCULAS E O TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA E AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	57
12	TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	59
13	TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NOS GALHOS DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	60
14	TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NOS ESTRÓBILOS DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	61
15	TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NOS CONES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	62

16	TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NA FRAÇÃO MISCELÂNEA DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	63
17	TEOR (%) ESTACIONAL MÉDIO DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE (MÉDIA DE TODAS AS FRAÇÕES)	66
18	TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	67
19	TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NOS GALHOS DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	69
20	TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NOS ESTRÓBILOS DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	70
21	TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NOS CONES DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	71
22	TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NA FRAÇÃO MISCELÂNEA DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	72
23	TEOR (ppm) ESTACIONAL MÉDIO DE MICRONUTRIENTES E Al NA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE (MÉDIA DE TODAS AS FRAÇÕES)	74

24	QUANTIDADE (kg/ha) DE N RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	77
25	QUANTIDADE (kg/ha) DE P RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	78
26	QUANTIDADE (kg/ha) DE K RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	79
27	QUANTIDADE (kg/ha) DE Ca RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	80
28	QUANTIDADE (kg/ha) DE Mg RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	81
29	QUANTIDADE (kg/ha) TOTAL DE MACRONUTRIENTES RETORNADOS COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	84
30	QUANTIDADE (g/ha) DE Fe RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	88
31	QUANTIDADE (g/ha) DE Mn RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	89

32	QUANTIDADE (g/ha) DE Cu RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	90
33	QUANTIDADE (g/ha) DE Zn RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	91
34	QUANTIDADE (g/ha) DE Al RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	92
35	QUANTIDADE (g/ha) DE B RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	93
36	QUANTIDADE (g/ha) TOTAL DE MICRONUTRIENTES E Al RETORNADOS COM A SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	96
37	TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENTES E Al NAS ACÍCULAS VERDES E NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA DE <u>Pinus taeda</u> PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	114
A1	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO DAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	124
A2	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO DAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE	124

A3	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO TOTAL DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	124
A4	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO TOTAL DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE	125
A5	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE N NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	125
A6	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE P NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	125
A7	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE K NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	126
A8	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Ca NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	126
A9	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Mg NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	126
A10	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Fe NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	127

A11	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Mn NAS ACÍ- CULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	127
A12	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Cu NAS ACÍ- CULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	127
A13	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Zn NAS ACÍ- CULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	128
A14	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Al NAS ACÍ- CULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	128
A15	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE B NAS ACÍ- CULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	128
A16	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE N NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	129
A17	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE K NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	129
A18	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Ca NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	129

A19	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Fe NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	130
A20	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Zn NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	130
A21	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Al NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	130
A22	ANALISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE B NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	131
A23	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE N DEPO- SITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	131 ^s
A24	ANALISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE P DEPO- SITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	131
A25	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE K DEPO- SITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	132
A26	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Ca DE- POSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZI- DA AOS 15 ANOS DE IDADE	132

A27	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Mg DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	132
A28	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Fe DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	133
A29	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Mn DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	133
A30	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Cu DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	133
A31	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Zn DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	134
A32	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Al DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	134
A33	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE B DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	134
A34	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE N DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	135

A35	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE P DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	135
A36	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE K DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	135
A37	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Ca DEPOSITA- DO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	136
A38	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Mg DEPOSITA- DO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	136
A39	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Fe DEPOSITA- DO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	136
A40	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Mn DEPOSITA- DO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	137
A41	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Cu DEPOSITA- DO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	137
A42	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Zn DEPOSITA- DO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	137

A43	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE A1 DEPOSITA- DO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE I- DADE	138
A44	ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE B DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE	138

RESUMO

Em plantios de Pinus taeda L com 15 anos de idade, no município de Ponta Grossa - PR., localizados em sítios de qualidade boa, média e ruim, foi quantificada a queda de serapilheira durante dois anos, bem como o conteúdo de macro, micronutrientes e Al do material coletado durante o primeiro ano. No primeiro ano, no sítio bom, foram produzidas 8,2 ton/ha de serapilheira, dos quais 77% eram acículas, depositando sobre o solo 48,07 kg/ha de N; 3,38 kg/ha de P; 7,82 kg/ha de K; 20,60 kg/ha de Ca; 5,33 kg/ha de Mg; 1083,5 g/ha de Fe; 4643,4 g/ha de Mn; 43,2 g/ha de Cu; 84,0 g/ha de Zn; 6445,0 g/ha de Al e 164,0 g/ha de B. No sítio médio foram produzidas 8,4 ton/ha de serapilheira, 78% dos quais correspondiam a acículas, responsáveis pela deposição de 48,86 kg/ha de N; 3,52 kg/ha de P; 10,97 kg/ha de K; 17,23 kg/ha de Ca; 5,12 kg/ha de Mg; 985,0 g/ha de Fe; 1509,9 g/ha de Mn; 51,9 g/ha de Cu; 88,4 g/ha de Zn; 5653 g/ha de Al e 173,4 g/ha de B. No sítio ruim a produção de serapilheira foi de 6,7 ton/ha, dos quais 83% eram acículas, retornando ao solo 41,47 kg/ha de N; 2,47 kg/ha de P; 3,98 kg/ha de K; 16,34 kg/ha de Ca; 2,49 kg/ha de Mg; 683,7 g/ha de Fe; 5235,8 g/ha de Mn; 37,2 g/ha de Cu; 51,6 g/ha de Zn; 4583,0 g/ha de Al e 142,1 g/ha de B. No segundo ano foram produzidas 9,3 ton/ha de serapilheira no sítio bom; 8,4 ton/ha no sítio médio e 6,4 ton/ha no sítio ruim, dos quais 65, 70 e 76% respectivamente correspondiam a acículas. Não houve diferença estatisticamente significativa entre sítios quanto à produção de serapilheira, a não ser no segundo ano entre os sítios bom e ruim. Também não houve diferença entre sítios quanto ao teor de N, P, Ca, Cu e B e aos totais de N, Ca, Cu e B depositados. Quanto aos demais nutrientes, os maiores teores e as maiores quantidades foram depositadas nos sítios bom e médio e as menores no sítio ruim, com exceção do Mn, cujos maiores teores e maior retorno ocorreram no sítio ruim. A maior produção de serapilheira bem com deposição de nutrientes ocorreu no outono, e a menor na primavera e inverno, exceto o elemento Zn, que mostrou grande variação quanto a época da mínima deposição. A variação no teor de macro e principalmente de micronutrientes e Al nos outros componentes da serapilheira (galhos, estróbilos, cones e miscelânea) foi maior do que nas acículas. Houve correlação positiva significativa entre a produção de serapilheira e a umidade relativa do ar.

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas florestais desenvolvem um horizonte orgânico sobre o solo, que é o resultado da queda periódica de folhas, galhos, cascas, frutos e as vezes até árvores inteiras. Este material caído tem recebido diversas denominações como serapilheira, sarapueira, sarapieira, manta, folheda, folhada, liteira, termos estes traduzidos e ou adaptados do vocábulo alemão "streu" e do inglês "litter", que designam a camada superior dos detritos orgânicos sobre o solo da floresta, composta de material vegetal recém-caído, não decomposto ou em início de decomposição, consistindo principalmente de folhas, incluindo fragmentos de casca, galhos, flores, frutos e outras partes. Optou-se neste trabalho pelo uso do termo serapilheira.

A serapilheira caída contém uma grande parte dos nutrientes extraídos do solo pelas árvores, e que são liberados a medida que ocorre a decomposição, podendo assim ser novamente absorvidos pelas plantas que compõem o sistema.

Alguns nutrientes podem ser trazidos da atmosfera dissolvidos na água da chuva ou depositados sobre a folhagem como matéria particulada. Os elementos podem também se tornar disponíveis através da fixação biológica ou intemperismo da rocha. Perdas de nutrientes do ecossistema podem ocorrer pela ação da água, através de escoamento superficial, erosão, lixi-

viação, pelo fogo ou pela remoção da biomassa.

Portanto, dentro de um ecossistema florestal, pode-se reconhecer dois ciclos: um global, que considera as entradas e saídas de nutrientes para outros sistemas e, dentro deste ciclo global, um ciclo biológico fechado que envolve só as trocas de nutrientes entre as plantas e o solo. Este ciclo biológico inclui as transferências de elementos via queda de serapilheira e também devido a lavagem e lixiviação das copas pela água da chuva. Certos autores consideram ainda um terceiro ciclo: a redistribuição de nutrientes dentro da própria planta, pois à época da senescência os elementos móveis são redistribuídos do órgão senescente para locais de intenso crescimento.

Assim, é através deste complexo sistema de ciclagem geológica, química e biológica que os nutrientes são repostos e mantidos, assegurando a contínua produtividade do sítio.

A medida que as árvores de um povoamento amadurecem e as copas começam a se tocar, atinge-se o chamado "fechamento das copas". Isto significa que o desenvolvimento das copas de árvores individuais é alterado pela competição com árvores adjacentes e controlada pela tolerância da espécie. Segundo MILLER⁵⁶ antes que ocorra o fechamento das copas, o crescimento das árvores é muito dependente da disponibilidade de nutrientes do próprio solo. No entanto, quando as copas estão plenamente formadas, a ciclagem biológica, bem como a captura e retenção eficiente dos nutrientes atmosféricos, são capazes de suprir a demanda, de maneira que a contribuição do solo é muito pequena, como o autor verificou em plantios de Pinus nigra var maritima.

A queda de serapilheira é o mais significativo modo de transferência de nutrientes dentro do ciclo biológico. Portanto o estudo dos seus aspectos qualitativos e quantitativos é uma parte importante da ecologia florestal, principalmente no que diz respeito a seus efeitos sobre o solo, manutenção da qualidade do sítio e da produtividade em ecossistemas naturais e/ou artificiais que tão pouco se conhecem.

2 JUSTIFICATIVAS

No Paraná, a área projetada para ser reflorestada com espécies do gênero *Pinus* era, até 1981, 501276,19 ha (FUNDAÇÃO UFPR²⁰) perfazendo a maior área florestal implantada com a utilização dos incentivos fiscais no estado. Deste total, 161025,7 ha comprovadamente correspondem à *Pinus taeda*. Considerando-se um percentual de 89% de execução dos projetos, a área plantada com esta espécie era 157805,20 ha.

Atualização destes feita pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - até 1985 (não publicado) revela que a área total a ser reflorestada aumentou para 543160,00 ha podendo se supor um aumento proporcional na área plantada com *Pinus taeda*.

A elevada produtividade da espécie, que em sítios³ bons pode chegar a um IMA (incremento médio anual) de 48,5 m por ha (FUNDAÇÃO UFPR²⁰), e o curto prazo de rotação quando comparado com espécies nativas, a torna muito atraente para a produção de fibras.

No entanto, não só em relação a esta espécie, mas também a outras florestas de rápido crescimento plantadas, permanece a fundamental questão de : até quando a capacidade produtiva do sítio poderá ser mantida, a permanecerem estas condições de alta produção de biomassa em curtas rotações. A produtividade mais alta resulta numa demanda maior de nutrien-

tes, que tem que ser absorvidos mais rapidamente e portanto o solo deve conte-los em grandes quantidades e sob formas prontamente disponiveis.

Considerando a dependência entre produtividade do sítio e ciclagem de nutrientes (SWITZER e NELSON⁷⁴, JORGENSEN et al³², MILLER⁵⁶), o seu conhecimento parece ser um caminho adequado para se obter a resposta para esta importante questão.

Embora o Pinus taeda venha sendo plantado sistematicamente no sul do Brasil há pelo menos 15 anos, não existem informações quantitativas e/ou qualitativas sobre a queda de serapilheira.

As informações obtidas neste trabalho serão básicas para se conhecer o funcionamento da ciclagem de nutrientes em tal ecossistema artificial, bem como para a formulação de técnicas de manejo adequadas a fim de que a qualidade do sítio e a produtividade, a longo prazo, possam ser mantidas.

3 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram :

1 - Estimar, em plantios de Pinus taeda com 15 anos de idade e localizados em sítios de alta, média e baixa fertilidade e situados na mesma região climática :

i) A quantidade total de serapilheira produzida por ano;

ii) A variação estacional na queda de serapilheira;

iii) A variação anual na queda de serapilheira ;

iv) Determinar a concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B) e Al nos componentes da serapilheira;

iv) Estimar as quantidades totais de macronutrientes, micronutrientes e Al retornadas num ano.

2 - Analisar a variação dos resultados em função do sítio..

3 - Verificar se existe correlação entre a variação estacional na queda de serapilheira e variáveis climáticas coletadas na Estação Meteorológica mais próxima.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 QUEDA DE SERAPILHEIRA

4.1.1 Quantidade de material restituído ao solo

Os resíduos orgânicos retornados ao solo pela vegetação numa floresta tem chamado a atenção do homem desde há muito tempo. No passado, as partes maiores eram utilizadas como lenha e as folhas como cama para animais ou para tratar o solo. Na Alemanha, este tipo de utilização já suscitou preocupação com a degradação do sítio. Em 1876 o alemão E. EBERMAYER produziu um clássico intitulado " Tratado completo sobre a serapilheira florestal " (TAMM⁷⁵), cujo objetivo foi explicar os efeitos adversos que a remoção dos resíduos orgânicos tinha sobre a qualidade do sítio. Aquele estudo demonstrou conclusivamente a importância da queda de resíduos no ciclo de nutrientes da floresta ao mesmo tempo que sua significância para o desenvolvimento do solo era demonstrada por MULLER*, citado por BRAY e GORHAM⁸, na sua investigação pioneira sobre os tipos de humus florestais.

Atualmente a serapilheira ganha importância maior. Se a produção florestal for usada com o máximo de eficiência,

* MULLER, P.E. Studien uber die natuerlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Berlin, Julius Springer. 1887. 324p.

as folhas e galhos deverão ser utilizados, uma vez que compreendem uma importante parte da produção total. As implicações deste fato para a fertilidade do solo e manutenção da capacidade produtiva do sítio são grandes. Os direitos para a utilização da serapilheira ainda existiam na Alemanha em 1954, e isto algumas vezes resultou em redução extrema do crescimento da floresta. (MAYER-KRAPOLL*, citado por BRAY e GORHAM⁸). Isto se deveu principalmente a perda de nitrogênio. O tempo de recuperação da floresta foi estimado em 40 anos.

A separação e queda de partes vegetativas e reprodutivas de uma planta é uma característica universal. Esta queda pode ser o resultado da formação de uma camada de abscisão, fatores mecânicos ou pela combinação de ambos. Pode ser também o resultado da morte do órgão (KOZLOWSKI³⁹).

A abscisão é um processo fisiológico complexo, influenciado por muitos fatores internos e externos. Dentro do reino vegetal existe uma variação muito grande e contínua no padrão de queda das várias partes de uma planta : desde órgãos que tem uma zona de abscisão bem definida até aqueles que não tem nenhuma ; desde órgãos que sofrem rápida abscisão até aqueles para os quais não existe mecanismo fisiológico para auxiliar a queda (ADDICOTT e LYON¹).

Uma planta crescendo ativamente é um organismo muito sensível e que responde a pequenas alterações do ambiente. A planta pode responder a essas alterações, se for o caso, com abscisão de um ou mais órgãos. Se as condições

* MAYER-KRAPOLL, H. The use of commercial fertilizers - particularly nitrogen - in forestry: Nitrogen Division, Allied and Dye Corp. New York. 1956. 111 p.

ambientais permanecerem favoráveis a queda do órgão pode ser retardada.

Segundo ADDICOTT e LYON¹, entre outros fatores aos quais o processo de abscisão é sensível estão :

Fatores climáticos : luz (em relação a fotossíntese e fotoperíodo); extremos de temperatura; periodicidade da precipitação, umidade e vento.

Fatores edáficos : umidade e aeração do solo, deficiências e toxicidade de minerais, salinidade e alcalinidade.

Outros fatores : poluentes atmosféricos, oxigênio e CO₂, fogo, gravidade e fatores bióticos como insetos e organismos patogênicos.

Fatores internos como a competição entre folhas novas e velhas também podem levar à abscisão e este parece ser o caso das espécies sempre verdes (OSBORNE⁶¹).

A abscisão das folhas segue o modelo estímulo --> sinal --> resposta (GOSS²³, KRAMER e KOZLOWSKI⁴⁰, OSBORNE⁶¹).

O estímulo corresponde as condições ambientais adversas ou a fatores internos; o sinal, a senescência acompanhada pela redistribuição de carboidratos e minerais e a resposta, a queda das folhas.

As folhas da maioria das plantas tem crescimento determinado e um tempo de vida que pode variar de algumas semanas até 30 anos. Para WEBSTER⁸³ o tempo de permanência da folha é uma função do ambiente e idade da planta e, através da abscisão a planta consegue manter uma área foliar relativamente constante. Nas espécies do genero Pinus o tempo de permanência da acícula nos galhos é bastante variado. Em algumas

espécies as acículas caem já no final da segunda estação de crescimento e em outras podem permanecer 3, 4, 5 e até 12-14 anos (MIROV⁵⁸).

BRAY e GORHAM⁸, em um trabalho de revisão sobre a queda de serapilheira em florestas do mundo inteiro, concluíram que, quando se considera um grande número de sítios com características diferentes no Hemisfério Norte as Gimnospermas produzem aproximadamente 1/6 a mais de resíduos anualmente do que as Angiospermas. Essa maior produção é atribuída ao fato de as Gimnospermas não perderem as folhas durante o decorrer do ano e por isso serem mais produtivas. Esta tendência nem sempre foi observada em áreas específicas. WELLS et al.⁸⁶, em experimento realizado na Carolina do Norte, verificaram que nas florestas de folhosas o retorno de serapilheira foi 25 % maior que nas florestas de coníferas. Também estudos publicados por COLE e RAPP¹⁴, mostram que florestas de folhosas produzem mais serapilheira que florestas de coníferas.

BRAY e GORHAM⁸ também demonstraram a influência predominante do clima na produção de serapilheira. A relação é de 1:3:5:10 para as zonas climáticas alpina-ártica, temperada fria, temperada quente e tropical respectivamente. Os fatores considerados mais importantes para essa maior produção são : maior temperatura, maior duração do período de crescimento e maior quantidade de insolação recebida. Assim, florestas árticas ou alpinas retornam aproximadamente 1 ton/ha/ano de serapilheira, florestas temperadas frias 3,5 ton/ha/ano, florestas temperadas quentes 5,5 ton/ha/ano e florestas tropicais em torno de 11 ton/ha/ano. Para um mesmo clima a quantidade de resíduos produzidos mostra um decréscimo com a qualidade do

sítio para várias espécies (Pinus sylvestris, Picea abies e Fagus silvatica).

MILLER⁵⁷, em um trabalho de revisão sobre a dinâmica da ciclagem de nutrientes em florestas, concluiu que, excluindo-se florestas muito velhas, geralmente existe uma relação estreita entre o peso das acículas da serapilheira e a taxa de crescimento em volume de florestas manejadas, independente da espécie.

Ocorre que, deficiências nutricionais, características de sítios pobres levam a maior intensidade de abscisão. Segundo ADDICOT e LYON¹, deficiências de N, Zn e B estão associadas a maior intensidade de quedas de folhas pois esses elementos estão intimamente ligados a formação do AIA (ácido indol-acético) que é um poderoso inibidor do processo de abscisão. Deficiências de Ca levam a abscisão por ser este elemento constituinte do pectato de Ca das paredes celulares.

Com relação à idade das árvores, em geral observa-se um aumento na deposição de serapilheira até a idade madura ou fechamento das copas, após o que pode ocorrer um pequeno decréscimo ou estabilização (BRAY e GORHAM⁸).

A comparação entre florestas plantadas e nativas indica não haver diferença significativa na produção de resíduos. No entanto LUNDGREN⁴⁶, no seu estudo sobre florestas tropicais da Tanzânia, concluiu que a queda de serapilheira em florestas plantadas com espécies exóticas foi de 60 a 70% daquela observada na floresta natural. Estudos de CARPANEZZI¹⁰, realizados em São Paulo, também mostraram valores menores de deposição para a floresta plantada com Eucalyptus saligna. DELITTI¹⁶ também em São Paulo, verificou que a produção de

serapilheira num povoamento de Pinus elliottii var elliottii foi pouca coisa maior que a da mata ciliar (7,1 e 6,8 ton/ha/ano respectivamente).

POGGIANI⁶³, estudando a ciclagem de nutrientes em povoamentos de Pinus caribaea var hondurensis e P. oocarpa em Agudos, SP, encontrou valores médios de 8,3 e 7,1 ton/ha/ano respectivamente para o que ele chamou de deposição de folheto.

Outros resultados obtidos nas condições brasileiras para florestas nativas e plantadas foram : mata mesófila secundária, 9,4 ton/ha/ano (MEGURO et al.⁵⁴); bracatinga, 6,3 ton/ha/ano e Eucalyptus viminalis, 3,0 ton/ha/ano (CHIARANDA et al.¹¹); mata mesófila semidecídua, 11,6 ton/ha/ano (DINIZ¹⁷).

Segundo BRAY e GORHAM⁸, uma vez que as copas estejam fechadas a produção de serapilheira parece ser pouco afetada pela densidade das árvores. Mas nas florestas plantadas, quando ocorre um desbaste, haverá uma diminuição na produção de serapilheira proporcional a intensidade do mesmo.

De maneira geral a serapilheira é composta de 60 a 80% de folhas, 1 a 15% de frutos, 12 a 15% de ramos e 1 a 25% de casca (BRAY e GORHAM⁸).

4.1.2 Variação estacional

O padrão de deposição de serapilheira é bastante variável com a espécie e região climática.

Nas regiões equatoriais a produção de resíduos é contínua durante todo o ano. Períodos de maior deposição estariam relacionados a épocas de seca, embora o padrão de deposição não esteja associado a nenhum ciclo anual. (BRAY e

GORHAM⁸). Já nas regiões tropicais secas, MASON⁵¹, considera que a maior deposição coincide com a estação chuvosa.

LUNDGREN⁴⁶, em florestas plantadas com Pinus patula na Tanzânia, verificou que a queda dos resíduos mostrou dois máximos: um coincidindo com a estação úmida, outro coincidindo com a estação seca. Em plantios de Cupressus lusitânica, o retorno máximo ocorreu após os meses de seca.

Em outras regiões climáticas vários padrões tem sido observados. Em climas temperados quentes foram verificados máximos de queda coincidindo com máximos de temperatura e precipitação (floresta esclerófila da Austrália), ou com épocas de alta temperatura e seca (Eucalyptus marginata na Austrália) e outras coincidindo com o outono (Pinus nigra, P. radiata, e Larix decidua na Nova Zelândia) (BRAY e GORHAM⁸).

Ainda segundo BRAY e GORHAM⁸ nas regiões temperadas frias a variação estacional é bastante evidente nas florestas decíduas, onde as árvores perdem as folhas a medida que a temperatura diminui com a aproximação do inverno. Já entre as Gimnospermas o padrão de deposição pode variar de distintamente estacional (Pinus sylvestris na Alemanha e Inglaterra), até completamente irregular ao longo do ano (Picea abies na Noruega, Escócia e Dinamarca). Em florestas mistas ocorre marcada periodicidade na queda de serapilheira em função das espécies que compõem o sistema.

Os estudos realizados no Brasil também mostram uma periodicidade na queda dos resíduos. CHIARANDA et al.¹¹ estudando a deposição de serapilheira em plantios de bracatinga (Mimosa scabrella) e Eucalyptus viminalis no Paraná, verificaram a ocorrência de um pico de deposição nos meses mais

quentes e úmidos, semelhante ao encontrado por CARPANEZZI¹⁰ para Eucalyptus grandis e por POGGIANI⁶² para Eucalyptus saligna. Já nas florestas nativas da região subtropical a maior produção de serapilheira parece ocorrer no inverno (frio e seco), como mostram os trabalhos de CARPANEZZI¹⁰, GARRIDO e POGGIANI²¹, DELITTI¹⁶ e DINIZ¹⁷.

DELITTI¹⁶, observou em plantios de Pinus elliottii var elliottii em São Paulo, que a maior produção de serapilheira ocorreu antes do período de maior deficiência hídrica. O autor sugere que a deciduidade outonal da espécie parece estar relacionada a diminuição do metabolismo que ocorre como uma preparação para o período do ano em que as temperaturas são mais baixas.

Para duas espécies de pinheiros tropicais Pinus caribaea var hondurensis e P. oocarpa, em São Paulo, POGGIANI⁶³ observou o inverso. Períodos de maior queda de serapilheira ocorreram em maio e setembro/outubro e nos meses de junho e julho houve redução na queda de acículas. O autor não encontrou correlação entre a deposição e qualquer variável climática, atribuindo a derrubada de acículas a uma forma de reduzir a perda de água por transpiração em função dos baixos teores de água no solo.

4.1.3. Variação anual na queda de serapilheira

Segundo BRAY e GORHAM⁸, o total de serapilheira pode variar grandemente de ano para ano. Ao menos na região temperada do Hemisfério Norte, observações tem demonstrado que a variação é maior entre as Gimnospermas do que Angiospermas.

Nas Gimnospermas a queda de resíduos é mais afetada pela variação nas condições ambientais de ano para ano, do que nas Angiospermas decíduas cujas folhas sofrem necessariamente abscisão todos os anos. Entre os fatores ambientais que podem estar associados a uma queda anormal de serapilheira estão tempestades, ataques de insetos, épocas de seca ou temperaturas muito baixas.

NEMETH⁵⁹, observou diminuição na queda de acículas em florestas plantadas de Pinus taeda e P. elliottii com o fechamento das copas.

DELITTI¹⁶, no seu estudo de 3 anos sobre a ciclagem de nutrientes em povoamentos de Pinus elliottii var elliottii no estado de São Paulo, encontrou valores de 6,7; 6,8 e 7,6 ton/ha ano de serapilheira produzida. POGGIANI⁶³, analisando a deposição de serapilheira durante tres anos consecutivos em plantios de Eucalyptus saligna, Pinus caribaea var hondurensis e Pinus oocarpa, no estado de São Paulo, observou ligeiro decréscimo nas médias anuais que no entanto não foram estatisticamente significativas.

4.1.4. Queda de serapilheira de Pinus taeda L.

GRESHAM²⁶, fez um levantamento de todos os estudos sobre queda de serapilheira realizados até 1982 no sudoeste dos EUA, em plantios de Pinus taeda de idades variadas. Os totais variaram de 4,6 a 7,7 ton/ha/ano de resíduos dos quais de 72 a 80% correspondiam a acículas. No seu próprio trabalho o autor encontrou um valor de 7,8 ton/ha/ano de serapilheira, composta de 56% de acículas, 31% de galhos e frutos e 13% de

folhas de outras espécies componentes do sub-bosque. Altas taxas de deposição ocorreram na primavera e no outono, com os menores retornos ocorrendo no final do outono e na metade e final do inverno. O pico correspondente a primavera foi atribuído aos fortes ventos e chuvas da época.

Resultados similares com respeito a variação estacional haviam sido obtidos por NEMETH⁵⁹. Padrões um pouco diferentes foram observados por VAN LEAR e GOEBEL⁷⁹, que registraram máxima queda de acículas no outono e no inverno, e por WELLS et al.⁸⁶ que registraram um único pico de máximo retorno de acículas em setembro, outubro e novembro (outono) com valores baixos para o resto do ano.

GRESHAM²⁶, em seu trabalho ressalta o valor de se analisar a variação estacional por componentes e não o total de material restituído. Só assim se poderá diferenciar a contribuição importante embora irregular de galhos e frutos por exemplo.

4.2 NUTRIENTES CONTIDOS NA SERAPILHEIRA PRODUZIDA

4.2.1 Macronutrientes

Segundo BRAY e GORHAM⁸, as Angiospermas contém mais material mineral nos tecidos vivos que as Gimnospermas. O conteúdo de cinzas da maioria das Gimnospermas estudadas estava entre 2 e 6%, enquanto que das Angiospermas estava entre 8 a 14%. De maneira geral as folhosas extraíram maior quantidade de elementos nutritivos do solo do que as coníferas.

Outros estudos parecem confirmar estes resultados

(WELLS et al.⁸⁶, COLE e RAPP¹⁴, SILVA et al.⁷², POGGIANI⁸³) embora MILLER considere que diferenças na concentração de nutrientes nos tecidos, mesmo entre espécies diferentes, estão muito mais relacionadas a fertilidade do solo do que a fatores genéticos.

COLE¹³ considera que o retorno de nutrientes ao solo não está inteiramente ligado a queda de serapilheira. As florestas decíduas produzem em média 1,2 vezes mais serapilheira e 1,6 a 1,8 vezes maior retorno de nutrientes do que florestas de coníferas. Isto ocorre principalmente porque uma grande porcentagem de biomassa retornada em floresta de coníferas não é formada por acículas mas galhos e outros tecidos com alto teor de C e baixo teor de nutrientes.

A concentração de nutrientes varia também de acordo com a parte da planta considerada. Em geral o conteúdo de nutrientes segue a ordem: folhas > frutos e casca > galhos > madeira.

Outros componentes que não as folhas são responsáveis por uma pequena proporção dos nutrientes liberados pela árvore através da queda da serapilheira, mas os valores podem ser significativos se houver floração e frutificação intensa. RAPP⁶⁶ et al. , em plantios de Pinus pinea, verificaram grande contribuição de N (9,8 kg/ha) das flores frutos e ramos proporcionalmente à das acículas (26,4 kg/ha).

VALERI⁸⁰, estudando a manta orgânica sob povoamentos de Pinus taeda em Telêmaco Borba-PR, verificou que o "material diverso" (ramos, cones femininos e masculinos e material fino não identificável) presente na camada Ln que corresponde a serapilheira recentemente caída, contribuiu com 1 a 3% do peso

dos macronutrientes e com até 5% do B contidos nesta camada.

Em geral as folhas senescentes a época da queda contém macronutrientes na proporção $N > Ca > K$ e P , podendo espécies calcícolas conter mais Ca do que N (CURLIN¹⁵).

A concentração de nutrientes na serapilheira também é afetada pela redistribuição dos nutrientes altamente móveis no floema (N , P , K , Mg). Esta redistribuição ocorre dos tecidos maduros para regiões de intenso crescimento e parece estar relacionada a condições de estresse nutricional (WILLIAMS*, citado por VAN DEN DRIESSCHE⁷⁷). A redistribuição se acelera nas semanas que antecedem a abscisão. Segundo MILLER⁵⁶, de 60 a 80 % dos nutrientes podem ser conservados desta maneira com excessão do Ca , que se acumula na planta com o passar dos anos e portanto está presente na serapilheira em grandes concentrações.

As quantidades de nutrientes redistribuídos podem ser consideráveis, tornando-se mais importantes a medida que ocorre o fechamento das copas do povoamento e praticamente qualquer tipo de tecido pode contribuir para esta ciclagem bioquímica (MILLER⁵⁶, VAN DEN DRIESSCHE⁷⁷).

Segundo WILL**, citado por VAN DEN DRIESSCHE⁷⁷, a redistribuição de nutrientes em coníferas é semelhante a das folhosas, exceto a maior evidência de redistribuição do Mg .

SWITZER e NELSON⁷⁴ estimaram que 39% do N , 60% do P , 22% do K , 24% do Mg necessários em povoamentos de 20 anos de

* WILLIAMS, R. F. Annual review of plant physiology, v.6, p.25-42. 1955.

** WILL, G. M. New Zealand Ecological Society Proceedings, v.15, p.20-24. 1968.

Pinus taeda eram obtidos através da redistribuição. Para esta mesma espécie WELLS e METZ⁸⁴, pela comparação entre acículas verdes e fascículos senescentes estimaram que a remoção de nutrientes foi 52% do N, 47% do P, 62% do K e 18% do Mg.

MILLER⁵⁷, mostrou que para o Pinus nigra var. maritima a absorção de macronutrientes pelas raízes supria somente metade ou menos dos elementos necessários para o crescimento, sendo o restante recuperado dos tecidos velhos a medida que eles envelheciam e morriam. A principal fonte desses nutrientes foram as acículas senescentes.

ATTIWILL³, calculou a ciclagem bioquímica do N, P, K, Ca e Mg para vários tipos de florestas do mundo e concluiu que de 40 a 60% do N e até 80% do K podem ser recuperados antes da queda da serapilheira.

O potássio também pode ser redistribuído, embora uma grande parte deste elemento possa ser lixiviado das folhas senescentes pela água da chuva, passando assim a fazer parte da ciclagem bioquímica (ATTIWILL³, MILLER⁵⁷, VAN DEN DRIESSCHE⁷⁷).

VAN DEN DRIESSCHE⁷⁷, no entanto argumenta que ainda não está exatamente claro como as várias espécies diferem na sua capacidade de redistribuir nutrientes e até que ponto este processo é afetado por estresse nutricional. Ao que parece as coníferas tem maior capacidade de redistribuição do que folhosas o que lhes garante vantagem competitiva. Este é também considerado um fator que garante o sucesso de certas espécies em solos pobres.

A concentração de Ca, segundo ATTIWILL³ pode aumentar de 20 a 50%, as vezes mais na folhagem antes da queda, pois esse elemento se acumula nos tecidos mais velhos.

O elemento magnésio mostra grande variação por vezes se acumulando (Nothofagus truncata, Pinus radiata, Picea excelsa) e por vezes sendo redistribuído (Picea abies, Pseudotsuga menziesii, Fagus sylvatica)(VAN DEN DRIESSE⁷⁷).

A quantidade e distribuição da precipitação também são importantes, uma vez que quantidades apreciáveis de alguns nutrientes como K, Ca, Mg e Mn podem ser lixiviados das copas pela água da chuva, diminuindo assim a concentração dos mesmos na serapilheira. (MILLER⁵⁷).

SWITZER e NELSON⁷⁴, estimaram que 40% da demanda de N e 54% da demanda de Ca em plantios de Pinus taeda com 20 anos de idade nos EUA eram derivados da decomposição dos resíduos orgânicos acumulados sobre o solo. No seu estudo os autores concluíram que a importância das fontes de nutrientes para o povoamento estavam nesta ordem: decomposição da serapilheira, lixiviação das copas, precipitação, redistribuição e por último o solo.

WELLS e JORGENSEN⁸⁵ estudaram a produção de serapilheira durante 10 anos em plantios de Pinus taeda no sul dos EUA. O retorno médio foi de 4,5 ton/ha ano de serapilheira, contendo 58,2 kg de N, 7,8 kg de P, 16,0 kg de K, 29,2 kg de Ca e 6,9 kg de Mg. Os autores concluíram que cerca de 34% da necessidade de N e 50% da necessidade de K para a formação das novas acículas provinham da decomposição da serapilheira.

VAN LEAR e GOEBEL⁷⁹, estudando a queda anual e acúmulo de serapilheira em plantios de Pinus taeda na Carolina do Sul, EUA, registraram valores entre 4,1 e 4,39 ton/ha/ano. A quantidade de nutrientes retornados neste material foi: 16,3 kg/ha de N, 2,2 kg/ha de P, 4,4 kg/ha de K, 18 kg/ha de Ca e

4,8 kg/ha de Mg.

No Brasil, alguns pesquisadores tem se dedicado ao estudo da produção e/ou conteúdo de nutrientes da serapilheira. Além dos já citados, também KLINGE e RODRIGUES³⁶⁻⁷, ARAÚJO², RIZZO et al.⁷⁰, BARROS e BRANDI⁴, HAAG et al.²⁷, POGGIANI⁶²⁻³, SILVA et al.⁷², NOVAIS e POGGIANI⁶⁰, REISSMANN⁶⁷, REISSMANN et al.⁶⁹, DELITTI¹⁶, DINIZ¹⁷ e VALERI⁸⁰ estudaram a queda de folhas e outros resíduos e o seu conteúdo de nutrientes. Desses trabalhos alguns são sobre espécies do gênero *Pinus*.

HAAG et al.²⁷ estimaram a quantidade de nutrientes em kg/ha contidos na manta orgânica sob povoamentos de *Pinus taeda* com 20 anos de idade em São Paulo: 106,09 de N; 5,02 de P; 11,84 de K; 86,92 de Ca e 14,23 de Mg.

NOVAIS e POGGIANI⁶⁰ quantificaram os nutrientes da serapilheira em plantios puros de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, na região de Agudos, S.P.. Os valores em kg/ha/ano foram: 20,32 de N; 1,06 de P; 9,89 de K; 12,73 de Ca e 2,78 de Mg.

SILVA et al.⁷² estudaram o acúmulo de serapilheira e o seu conteúdo em nutrientes em plantios com 19 anos de *Pinus elliotti* var *elliottii* na região de Viçosa, M.G.. O total de serapilheira acumulado sobre o solo foi estimado em 40 ton/ha e o teor médio de nutrientes foi de 1,09% de N; 0,035% de P; 0,05% de K; 0,34% de Ca e 0,05% de Mg.

Em plantios de *Pinus taeda*, em São Paulo, DELITTI¹⁶, determinou o teor médio de macronutrientes nos vários componentes da serapilheira. O teor de N foi maior nos detritos (2,52%), seguindo-se folhas (1,99%), órgãos reprodutivos (1,70%) e caules (1,27%). Para o P e o K, valores maiores fo-

ram encontrados nos órgãos reprodutivos (0,15 e 0,70%), seguindo-se detritos (0,13 e 0,44%), folhas (0,08 e 0,44%) e caules (0,05 e 0,28%). O teor de Ca foi maior nas acículas (0,84%) do que nos detritos ou órgãos reprodutivos (0,70%) e nos caules (0,67%). O teor de Mg foi também maior nas acículas (0,29%), seguindo-se detritos (0,27%), órgãos reprodutivos (0,22%) e caules (0,19%).

POGGIANI⁶³ determinou a concentração dos nutrientes na serapilheira depositada em talhões de Pinus caribaea var hondurensis e P. oocarpa. Para P. caribaea var hondurensis o teor (média de 3 anos) de N foi de 0,55%, de P 0,03%, de K 0,27%, de Ca 0,24% e de Mg 0,08%. Para P. oocarpa os teores foram : N 0,56%, P 0,03%, K 0,121%, Ca 0,18% e Mg 0,06%. O total de nutrientes depositados (média de 3 anos) em kg/ha/ano foi de 43,75 de N, 2,25 de P, 22,25 de K, 20,46 de Ca e 6,44 de Mg para P. caribaea. Para P. oocarpa os valores foram 36,77 de N, 1,88 de P, 13,68 de K, 12,77 de Ca e 4,57 de Mg.

REISSMANN⁶⁷, estudando a morfologia dos horizontes orgânicos em povoamentos de Pinus elliottii com 15 anos de idade em Quatro Barras-PR., estimou um acúmulo de serapilheira sobre o solo durante este período da ordem de 34,9 ton/ha.

REISSMANN e ZÖTTL⁶⁸ analisaram os teores de macronutrientes nas acículas da serapilheira em plantios de Pinus taeda no segundo planalto paranaense, encontrando valores médios de 0,40% de N, 0,03% de P, 0,09 de K, 0,65% de Ca e 0,10% de Mg.

4.2.2 Micronutrientes e Al.

O conhecimento da importância dos micronutrientes para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas é relativamente recente quando comparada aos macronutrientes. Até o momento somente 10 desses elementos são sabidamente essenciais para todas as plantas, alguns são necessários somente para algumas espécies e outros são conhecidos por seus efeitos estimulantes sobre o crescimento, embora suas funções não sejam ainda reconhecidas (KABATA-PÊNDIAS e PÊNDIAS³⁴).

A característica desses elementos é que, mesmo sendo muitos deles essenciais ao crescimento em pequenas quantidades, podem também ter efeito tóxico quando a concentração nas células for alta.

Os micronutrientes considerados essenciais para o crescimento são, a saber : B, Fe, Mn, Cu, Zn, e Mo (KRAUSKOPF⁴¹). Outros autores (MARSCHNER⁵⁰) e a própria legislação brasileira referente ao assunto⁷, incluem o Cl nesta lista, e LOPES⁴⁴ e MALAVOLTA⁴⁹ sugerem ainda a inclusão do Ni, Si e do Co.

O elemento Al não é considerado um micronutriente embora sua função na planta esteja relacionada ao controle das propriedades coloidais dentro da célula e possível ativação de algumas enzimas (KABATA-PÊNDIAS e PÊNDIAS³⁴). Em solos ácidos a toxicidade do Al é um fator limitante ao crescimento das plantas, embora as espécies e mesmo variedades mostrem grande diferença em sua tolerância ao excesso de Al solúvel.

A absorção, distribuição e acúmulo dos micronutrientes pela planta varia consideravelmente com a espécie, com o

elemento e sua concentração na solução do solo e com a época do ano. Uma vez absorvidos, esses elementos movem-se livremente no xilema, mas a redistribuição para outros tecidos via floema depende da mobilidade específica do elemento. Segundo HILL e LAMBERT³⁰, as evidências parecem sugerir que o estado nutricional da árvore em relação aos micronutrientes tem grande influência na sua redistribuição.

MADGWICK et al.⁴⁸, estudando o Zn e o Mn em Pinus radiata de várias idades, verificaram que na madeira e nos galhos, ambos tendem a diminuir com a idade enquanto que nas acículas a tendência foi um aumento com a idade.

Diferença no teor de alguns micronutrientes nos componentes da biomassa de algumas coníferas da URSS, foi mostrada por KABATA-PÊNDIAS e PÊNDIAS³⁴. Acículas novas continham mais Al e Cu que acículas velhas (400 e 4,2 ppm contra 200 e 2,5 ppm respectivamente), ao passo que essas continham mais Fe, Mn e B que as acículas novas (370, 740 e 24 ppm contra 150, 430 e 18 ppm respectivamente). Teores relativamente altos foram encontrados nos galhos, seguindo-se casca e por último a madeira.

Vários trabalhos existem sobre a concentração de micronutrientes nas acículas verdes de várias espécies do gênero Pinus. BEATON et al.⁶ (Pinus contorta, Columbia Britânica), VAN GOOR⁷⁸ (P. elliotii, sul do Brasil), PRITCHETT e LEWELLYN⁶⁴ (P. elliotii var elliotii, EUA), MADGWICK et al.⁴⁸ (P. radiata, Nova Zelândia), KNIGHT³⁸ (P. radiata, Nova Zelândia), ROCHA FILHO et al.⁷¹ (P. taeda, Brasil), HAAG et al.²⁷ (P. taeda, Brasil), BRUM⁹ (P. elliotii, Brasil), WARING⁸² (P. radiata, Austrália), HILL e LAMBERT³⁰ (P. taeda, Austrália),

LA TORRACA et al.⁴³ (P. elliottii var elliottii, Brasil), REISSMANN et al.⁶⁹ (Araucaria angustifolia e Pinus taeda, Brasil), VALERI⁸⁰ (P. taeda, Brasil).

ZÖTTL⁸⁸ estabeleceu valores mínimos e máximos para os níveis de macro e micronutrientes em acículas verdes de espécies do gênero Pinus. Seu trabalho é utilizado como referência para caracterizar o estado nutricional das árvores, inclusive no Brasil.

A concentração dos micronutrientes na serapilheira, no entanto, tem recebido bem menos atenção. A quantidade desses elementos nas acículas senescentes é uma função da quantidade absorvida, da redistribuição e/ou acúmulo nos tecidos e da lixiviação das copas.

Os dados de KABATA-PÊNDIAS e PÊNDIAS³⁴, mostram que a medida que as acículas envelhecem os teores de Al e Cu diminuem, enquanto que os teores de Fe, Mn e B aumentam. BEATON et al.⁶, observaram o mesmo para o Al em plantios de Pinus contorta na Colúmbia Britânica, e também uma tendência ao aumento do Fe com a idade das acículas.

NILSSON* e HEINRICHS e MAYERS ** citados por KABATA-PENDIAS e PENDIAS³⁴, observaram acúmulo de Cr, Fe, Zn, Cu e particularmente Pb na serapilheira.

HAAG et al.²⁷, estudando a ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de P. taeda em Piracicaba, S.P., analisaram acículas novas, maduras e senescentes, observando um

* NILSSON, I. OLKOS, v.23, p. 132-135. 1972

** HEINRICHS, H. e MAYERS, J. Journal of Environmental Quality, v.9, p.111-118. 1980.

aumento no teor de Fe e uma diminuição nos teores de Mn, Zn e B, comparando acículas maduras com acículas senescentes. Concluíram também que a manta orgânica acumulada no solo continha 20,94 kg/ha de Fe, 11,01 kg/ha de Mn, 0,08 kg/ha de Cu, 0,42 kg/ha de Zn e 0,3 kg/ha de B.

LA TORRACA et al.⁴³, em plantios de P. elliottii var elliottii em São Paulo, verificaram que em comparação com as acículas verdes, as acículas da serapilheira continham mais Fe (797 ppm) e Cu (4,7 ppm) e menos Mn (597 ppm), Zn (13,5 ppm) e B (5 ppm).

DELITTI¹⁶, analisou micronutrientes e Al nos componentes da serapilheira de P. elliottii. Os maiores teores de Fe (7922 ppm), Cu (20 ppm), Zn (39 ppm) e Al (5905 ppm) foram verificados no que o autor chamou de detritos (material cuja natureza não pode ser identificada). Os órgãos reprodutivos continham também altos teores de Fe (470 ppm), Zn (28 ppm) e Al (2726 ppm). O elemento Fe foi menor nos componentes caule (431 ppm) e acículas (424 ppm). Para o Cu a relação foi caule (14 ppm), órgãos reprodutivos (13 ppm) e acículas (11 ppm). Os elementos Mn e B foram encontrados em maior concentração nas acículas (365 ppm e 53 ppm respectivamente).

LOPES e GARRIDO⁴⁵ estudaram os teores de micronutrientes e o acúmulo dos mesmos na manta orgânica em povoamentos de Pinus elliottii, P. taeda e P. patula. Na manta orgânica sob Pinus taeda os teores encontrados foram: 5497 ppm de Fe, 502 ppm de Mn, 3 ppm de Cu, 16 ppm de Zn e 10 ppm de B.

REISSMANN et al.⁶⁹ analisaram acículas da serapilheira acumulada sobre o solo em plantios de Pinus taeda na Lapa - PR, encontrando teores médios de 134 ppm de Fe, 960 ppm de Mn,

10 ppm de Cu, 23 ppm de Zn e 757 ppm de Al. Comparando os teores das acículas do ano e da serapilheira encontraram um acúmulo de Fe, Mn e Cu, enquanto que Zn e B apresentaram uma redução substancial.

VALERI⁸⁰, também analisou as acículas da manta orgânica em plantio de Pinus taeda, na região de Telêmaco Borba - Pr, separando-as por camadas (Ln e Lv). Ln corresponde a serapilheira recentemente caída e os teores de micronutrientes foram : 197 ppm de Fe, 439 ppm de Mn, 4 ppm de Cu, 10 ppm de Zn, e 14 ppm de B. O autor também analisou outros componentes da manta que não acículas (galhos, cascas, sementes e cones), para os quais encontrou os seguintes valores: 160 ppm de Fe, 132 ppm de Mn, 3 ppm de Cu, 8 ppm de Zn e 17 ppm de B.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 O MEIO FÍSICO

O trabalho foi desenvolvido no município de Ponta Grossa-PR, na Fazenda Cambijú, pertencente a empresa Slaviero Florestal S.A.

Ponta Grossa situa-se a $25^{\circ}09'S$ de latitude e $50^{\circ}00'W$ de longitude e a 868 m de altitude. A topografia é predominantemente ondulada a suave ondulada.

O clima do local de estudo está classificado como Cfb segundo KOEPPEN, isto é mesotérmico úmido e superúmido, sem estação seca e com verões frescos. A temperatura média do mês mais quente é inferior a $22^{\circ}C$ e as geadas são severas e frequentes. A precipitação média anual é de 1402 mm (GODOY et al²²).

A vegetação natural da região, denominada "campos subtropicais naturais", caracteriza-se, segundo MAACK⁴⁷, pela presença de gramíneas baixas cobrindo grandes áreas contínuas, interrompidas por pequenos bosques ou capões próximos as nascentes e pseudo matas de galerias.

Geologicamente os solos da área se desenvolveram sobre materiais dos períodos Devoniano e Quaternário, predominando as formações Furnas, Ponta Grossa e Sedimentos Arenosos do Quaternário (EMBRAPA¹⁸).

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SÍTIOS.

A coleta de dados foi feita em 3 povoamentos de Pinus taeda com 15 anos de idade, localizados em sítios de qualidades diferentes, embora na mesma região climática.

O espaçamento inicial do plantio foi 2,0 X 2,0 m, resultando numa densidade de 2500 árvores por ha, modificada por um desbaste sistemático efetuado aos 11 anos de idade.

A caracterização dos sítios foi baseada principalmente em variáveis edáficas uma vez que devido a proximidade física entre os mesmos não houve variação quanto às características macro-climáticas.

No sítio caracterizado como bom, a altura dominante era 23,25 m e o DAP (diâmetro a altura do peito) médio era 39,50 cm. O solo foi classificado como Terra Bruna Estruturada similar latossólica Tb Alico-A proeminente/moderado textura média fase floresta subtropical, relevo plano, moderadamente drenado e derivado de sedimentos arenosos do Quaternário. Profundidade até horizonte C 1,50 m; declividade 1,3 %, exposição SW. Número de árvores por hectare 950.

No sítio caracterizado como média qualidade a altura dominante era 17,83 m, com DAP médio de 29,60 cm. O solo foi classificado como Cambissolo Tb Alico- A proeminente, textura argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado, substrato folhelho argiloso, moderadamente drenado, derivado de argilito do Devoniano, formação Furnas; profundidade 1,00 m; declividade 3,0 %, exposição W. Número de árvores por hectare 1000.

No sítio caracterizado como ruim, a altura dominante

era 15,67 m, com DAP médio de 24,80 cm. O solo foi classificado como Litólico Tb Alico-A moderado textura arenosa, fase campo subtropical, relevo ondulado, substrato arenito, acentuadamente drenado, derivado do Arenito de Furnas do período Devoniano; profundidade 0,20 m; declividade 16,2 %, exposição W. Número de árvores por hectare 750.

Os resultados das análises físicas e químicas bem como a descrição morfológica dos perfis de solo referentes aos tres sitios estão nas TABELAS 1, 2 e 3, conforme foram determinados por QUINTEROS DOLDAN⁶⁵.

5.3 AMOSTRAGEM

Em cada sítio foi estabelecida uma área experimental de 40 X 40 m (1600 m²) nas quais foram distribuídas aleatoriamente 12 coletores de serapilheira. O número de coletores foi determinado segundo a técnica de amostragem seqüencial de STEIN (STEEL e TORRIE⁷³).

Cada coletor consistiu de uma moldura circular de mangueira plástica de 3/4" com 0,90 m de diâmetro (0,636 m² - FIGURA 1). Sobre esta moldura foi costurada tela de nylon com malha de 2 mm, formando um saco cônico com 0,60 m de profundidade. Esta metodologia foi recomendada por MEDWECKA-KORNAS⁵³.

Os coletores foram presos às próprias árvores por cordas de nylon, ficando a borda superior a aproximadamente 1,0 m do solo.

Foram realizadas coletas mensais com intervalo aproximado de 30 dias durante dois anos : setembro de 1985 a

TABELA 1. RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO BOM.

Horizonte		Composição Granulométrica			%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade Total% (Peso) *	Esqueleto %
Sím-bolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,050 mm	Silte % 0.050-0.002 mm	Argila % < 0.002 mm		Solo *	Partículas*		
A11	0 - 20	68,2	11,8	20,0	0,59				0,00
A12	20 - 39	69,8	10,2	20,0	0,51				0,00
A13	39 - 55	71,0	13,0	16,0	0,81				0,00
A3	55 - 86	66,8	13,2	20,0	0,66	1,15	2,55	54,90	0,06
B21	86 -117	65,6	10,4	24,0	0,43				0,00
B22	117 -134	58,8	15,2	26,0	0,58				0,00
B23	134 -152(+)	59,0	17,0	24,0	0,71	1,13	2,64	57,19	0,00
% Carbono		% Matéria Orgânica		θ - cm ³ . cm ³ T e n s õ e s - atm.					
				0,06	0,33	1,00	4,00	15,00	
1,2		2,09		25,73	14,60	11,81	9,22	9,08	
1,4		2,44		36,87	12,33	11,12	10,77	8,90	
0,9		1,56		33,19	11,02	9,81	6,42	8,31	
0,6		1,04		37,10	12,62	10,98	10,90	9,14	
0,5		0,87		27,71	11,45	10,29	9,45	9,09	
0,5		0,87		30,13	17,86	12,87	12,25	10,80	
0,3		0,52		33,44	13,52	13,01	11,00	9,59	
pH (1:2,5) CaCl 1N	Complexo Sortivo						Valor V Sat.de Bases %	Valor m Sat.de Al %	Fósforo Assimilável ppm
	Ca + Mg	K	Valor S (soma)	Al	H + Al	Valor T (Soma)			
	m.e.%	ppm		m.e.%	SMP				
3,7	0,8	16,0	0,8	2,3	5,37	6,17	12,96	74,19	9,0
3,8	0,6	11,0	0,6	2,0	5,91	6,51	9,21	76,92	3,0
3,8	0,5	9,0	0,5	1,8	4,88	5,38	9,29	78,26	1,0
3,8	0,6	11,0	0,6	1,8	4,44	5,04	11,90	75,00	1,0
3,8	0,6	9,0	0,6	1,9	4,44	5,04	11,90	76,00	1,0
3,8	0,5	12,0	0,5	2,0	4,88	5,38	9,29	80,00	1,0
3,9	0,6	9,0	0,6	1,4	3,33	3,93	15,26	70,00	1,0
Teores dos Elementos - ppm (Extrator HCl 3.0 %)								Ext. HCl 0,1N	
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn		Zn-ppm	
29,7	11,1	14,2	0,7	5,3	930,0	0,8		0,3	
28,6	7,7	14,6	0,7	4,1	895,0	0,8		0,2	
31,4	7,6	14,5	0,6	3,7	970,0	0,7		0,2	
33,4	7,4	12,1	0,7	5,0	1110,0	0,8		0,1	
37,5	6,6	17,7	0,6	8,7	1115,0	0,9		0,2	
40,2	8,4	21,7	0,7	11,7	1455,0	1,0		1,4	
40,2	9,0	23,6	0,5	11,1	1845,0	0,9		1,0	

* Valor médio por horizonte (A e B)

FONTE : QUINTEROS DOLDÁN⁶⁵

TABELA 2. RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO MEDIO.

Horizonte		Composição Granulométrica			%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Poro- sidade Total% (Peso) *	Es- que- leto %
		Areia % 2-0,050 mm	Silte % 0.050-0.002 mm	Argila % < 0.002 mm		Solo *	Partí- culas*		
Sím- bolo	Profundidade cm								
A11	0 - 14	31,6	30,4	38,0	0,80				0,00
A12	14 - 30	29,7	36,3	34,0	1,06				0,00
A13	30 - 44	32,8	29,2	38,0	0,77	0,98	2,43	59,67	0,00
B1	44 - 57	34,2	25,8	40,0	0,64				0,00
B21	57 - 75	32,8	27,2	40,0	0,68	1,14	2,62	56,48	0,12
C	75 - 98	36,0	34,0	30,0	1,13				1,34

% Carbono		% Matéria Orgânica		$\theta - \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^3$ T e n s õ e s - \text{atm.}				
				0,06	0,33	1,00	4,00	15,00
5,0		8,71		47,36	24,30	21,64	20,11	17,48
3,6		6,27		44,94	28,29	26,49	19,15	21,56
1,8		3,13		30,26	22,16	21,04	18,75	17,95
0,9		1,56		34,83	24,74	18,30	17,49	15,95
0,8		1,39		31,05	27,87	21,75	17,70	18,70
0,3		0,52		40,43	29,52	25,79	20,02	14,85

pH (1:2,5) CaCl 1N	Complexo Sortivo						Valor V Sat.de Bases %	Valor m Sat.de Al %	Fósforo Assimilável ppm
	Ca + Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T			
	m.e.%	ppm	(soma)	m.e.%	SMP	(Soma)			
3,5	0,7	22,0	0,7	6,0	13,92	14,62	4,78	89,55	4,0
3,8	0,8	16,0	0,8	3,8	8,65	9,45	8,46	82,61	2,0
3,9	0,6	11,0	0,6	3,1	6,50	7,10	8,45	83,78	1,0
3,9	0,7	12,0	0,7	2,7	5,12	5,82	12,02	79,41	1,0
4,0	0,9	10,0	0,9	2,2	4,03	4,93	18,25	70,96	1,0
3,9	0,8	11,0	0,8	2,4	3,03	3,83	28,88	75,00	1,0

Teores dos Elementos - ppm (Extrator HCl 3.0 %)								Ext. HCl 0,1N
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn		Zn-ppm
54,9	8,8	26,1	1,4	2,6	2220,0	1,1		0,3
50,8	8,7	20,2	1,4	2,4	2195,0	1,0		0,4
42,4	7,5	19,5	1,2	2,7	2360,0	1,1		0,5
41,8	9,3	22,4	1,0	3,5	3025,0	1,3		0,2
33,7	7,2	22,7	0,9	3,6	3370,0	1,0		0,6
31,4	7,0	11,7	0,4	2,1	2950,0	0,8		0,2

* Valor médio por horizonte (A e B)

FONTE : QUINTEROS DOLDAN⁶⁵

TABELA 3. RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO RUIM.

Horizonte		Composição Granulométrica			%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Poro- sidade Total% (Peso) *	Es- que- leto %
		Areia % 2-0,050 mm	Silte % 0.050-0.002 mm	Argila % < 0.002 mm		Solo *	Partí- culas*		
Sím- bolo	Profundidade cm								
A	0 - 25	84,2	2,0	14,0	0,14	1,22	2,53	51,78	1,68
% Carbono		% Matéria Orgânica		$\theta - \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^3$ T e n s õ e s - \text{atm.}					
0,5		0,87		0,06 29,32	0,33 7,31	1,00 6,19	4,00 6,53	15,00 5,53	
pH (1:2,5) CaCl 1N	Complexo Sortivo						Valor V Sat.de Bases %	Valor m Sat.de Al %	Fósforo Assimilável ppm
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (Soma)			
3,9	0,6	9,0	0,6	0,8	2,50	3,10	19,35	57,14	2,0
Teores dos Elementos - ppm (Extrator HCl 3.0 %)								Ext. HCl 0,1N	
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm		
16,6	8,0	7,3	0,6	8,4	685,0	0,9	0,4		

* Valor médio por horizonte (A e B)

FONTE : QUINTEROS DOLDAN⁶⁵

agosto de 1987.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e transportado para o laboratório, onde foi separado em categorias : acículas, galhos e miscelânea e ainda cones e estróbilos quando presentes. A categoria miscelânea compreendia pedaços de acículas menores que 2,0 cm, sementes, asas de sementes e outros resíduos pequenos, às vezes de difícil identificação.

FIGURA 1. COLETOR DE SERAPILHEIRA UTILIZADO



O material correspondente a cada mês foi agrupado por estação do ano conforme segue :

Primavera/85	10/09 a 11/12	93 dias
Verão 85/86	11/12 a 10/03	89 dias
Outono/86	10/03 a 05/06	87 dias
Inverno/86	05/06 a 23/09	110 dias

Primavera/86	23/09 a 23/12	91 dias
Verão 86/87	23/12 a 07/04	104 dias
Outono/87	07/04 a 09/06	63 dias
Inverno/87	09/06 a 28/09	111 dias

Após secagem em estufa a 70° C até peso constante, a serapilheira assim separada foi pesada, calculando-se posteriormente as quantidades retornadas por hectare (kg/ha) para cada categoria, estação e sítio.

A quantidade de nutrientes retornados por hectare foi obtida multiplicando-se o peso dos componentes da serapilheira pelo respectivo teor em nutrientes, obtendo-se assim o peso depositado em cada sítio por componente, bem como o total em kg/ha/ano.

5.4 ANÁLISES QUÍMICAS

A análise química foi efetuada somente no material correspondente ao primeiro ano de coleta (setembro de 1985 a agosto de 1986). Para isso foram formadas 4 amostras compostas para cada mes, categoria de serapilheira e sítio.

As amostras foram preparadas para a determinação do conteúdo de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B e Al, seguindo metodologia descrita por HILDEBRAND²⁹, no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná.

O N foi determinado pelo método de KJELDAHL. Para a determinação dos outros elementos, com exceção do B, o material foi digerido em mufla (via seca) a 500°C e solubilizado em HCl 10%, utilizando-se posteriormente espectrofômetro de

absorção atômica 2380 Perkin-Elmer para as leituras. O P foi determinado por colorimetria com vanadato-molibdato de amônia.

A digestão para a extração do B, foi feita através de incineração a 500° C e banho-maria com HCl 1N de acordo com FIALA¹⁹ e sua determinação foi feita por colorimetria com azo-methine-H, segundo BASSON et al⁵. Tanto o P como o B foram determinados em espectrofotômetro UV/VIS 554 Perkin-Elmer.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes aos pesos e aos teores de nutrientes foram analisados segundo Delineamento Inteiramente Casualizado com parcelas subdivididas. As parcelas correspondem aos tres sítios (bom, médio e ruim) com 12 repetições (coletores). As sub-parcelas correspondem as estações nas quais foram efetuadas as coletas. As médias foram comparadas pelo teste de SNK (STUDENT-NEWMAN-KEUL) ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de variância e os testes de comparação de médias foram feitas somente para a categoria acícula e para o peso total de serapilheira retornada. As outras categorias de material não foram analisadas estatisticamente devido à grande variação no seu padrão de queda, o que teria exigido um maior número de repetições.

Em relação aos nutrientes, a análise de variância foi efetuada para teores de macro e microelementos nas acículas e para quantidades dos mesmos em kg/ha retornados com as acículas e no total de serapilheira. Para as outras categorias (galhos, cones, estróbilos e miscelânea) foram

calculadas apenas as médias estacionais e anuais e o desvio padrão da média devido a grande variação na queda desse tipo de material, o que resultou em número desigual de repetições para cada estação e sítio.

A homogeneidade das variâncias foi testada pelo teste de BARTLETT, e quando necessário foram utilizadas transformações do tipo $\log(x+1)$ e $\arctan(x+1)$.

Foram efetuadas análises de correlação entre o peso das acículas, quantidade total de serapilheira retornado mensalmente e os dados referentes a média das temperaturas máximas, média das temperaturas mínimas, umidade relativa do ar, precipitação em mm. Esses dados climáticos foram coletados na Estação Meteorológica de Ponta Grossa-PR, a mais próxima da área experimental.

Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando-se do pacote estatístico S.P.S.S. - Statistical Package for The Social Sciences - em equipamento DIGITAL do Centro de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Paraná.

6 RESULTADOS

6.1 QUANTIDADE DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA

Os resultados estão apresentados por ano de coleta e categoria de serapilheira.

A análise de variância foi efetuada somente para acículas e peso total da serapilheira (somatório de todos os componentes), cujos quadros estão no Apêndice (TABELAS A1 a A4).

6.1.1. Acículas produzidas no primeiro ano

A quantidade de acículas da serapilheira nos três sítios pode ser vista na TABELA 4 e nas FIGURAS 2, 3 e 4.

No sítio bom a queda de acículas foi de 6,3 ton/ha/ano. No sítio médio 6,6 to/ha/ano e no sítio de pior qualidade 5,6 ton/ha/ano.

Apesar da quantidade menor produzida no sítio ruim, não houve diferença estatisticamente significativa entre os sítios.

As acículas corresponderam de 77 a 83 % do total da serapilheira produzida anualmente, com maior valor para o sítio ruim.

A contribuição percentual das acículas no total de serapilheira produzida foi maior no outono em todos os sítios

TABELA 4. VARIACÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ha) DAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 E 16 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	ANO I			ANO II		
		9/85-8/86		%	9/86-8/87		%
Bom	Primavera	517,92±200	c	8	444,00±109	c	7
	Verão	1464,01±297	b	23	1683,50±317	b	28
	Outono	3152,80±658	a	50	2589,50±457	a	42
	Inverno	1200,57±338	b	19	1400,70±520	b	23
	Média Total	1583,82±1057	A		1529,44±858	A	
		6335,28		77,1	6117,60		65,4
Médio	Primavera	768,58±161	d	12	414,80± 59	d	8
	Verão	1620,65±260	b	24	1642,60±351	b	29
	Outono	3100,82±521	a	47	2303,60±495	a	41
	Inverno	1152,85±377	c	17	1239,90±317	c	22
	Média Total	1660,73±958	A		1400,23±767	A	
		6642,92		78,6	5601,20		69,6
Ruim	Primavera	620,30±167	c	11	464,70±125	c	10
	Verão	1214,09±373	b	22	1748,90±501	a	36
	Outono	2673,58±688	a	47	1721,80±357	a	35
	Inverno	1146,13±413	b	20	926,50±271	b	19
	Média Total	1413,52±885	A		1215,51±642	A	
		5654,08		83,3	4862,00		75,9

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

FIGURA 2. VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE NO SÍTIO BOM.

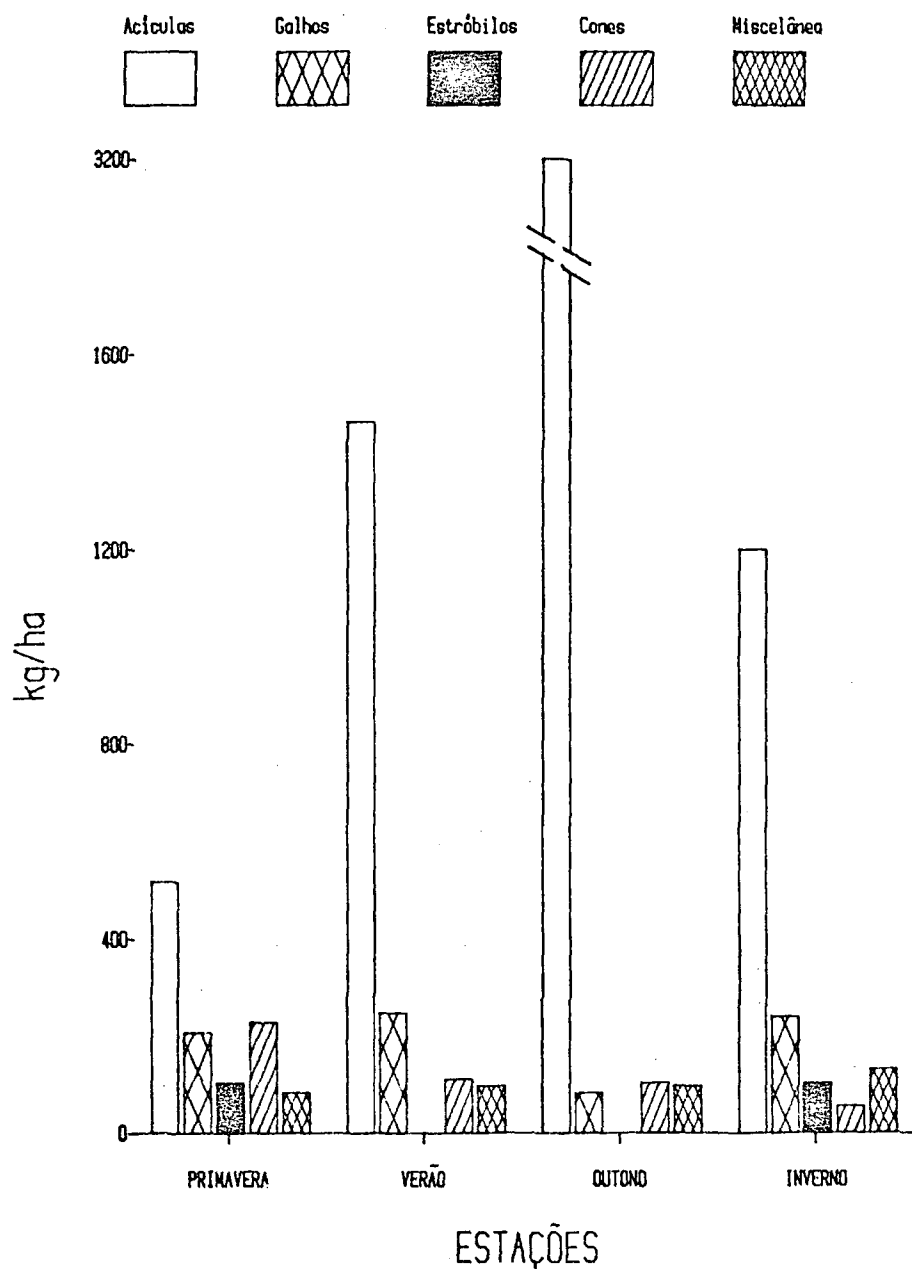


FIGURA 3. VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE NO SÍTIO MÉDIO.

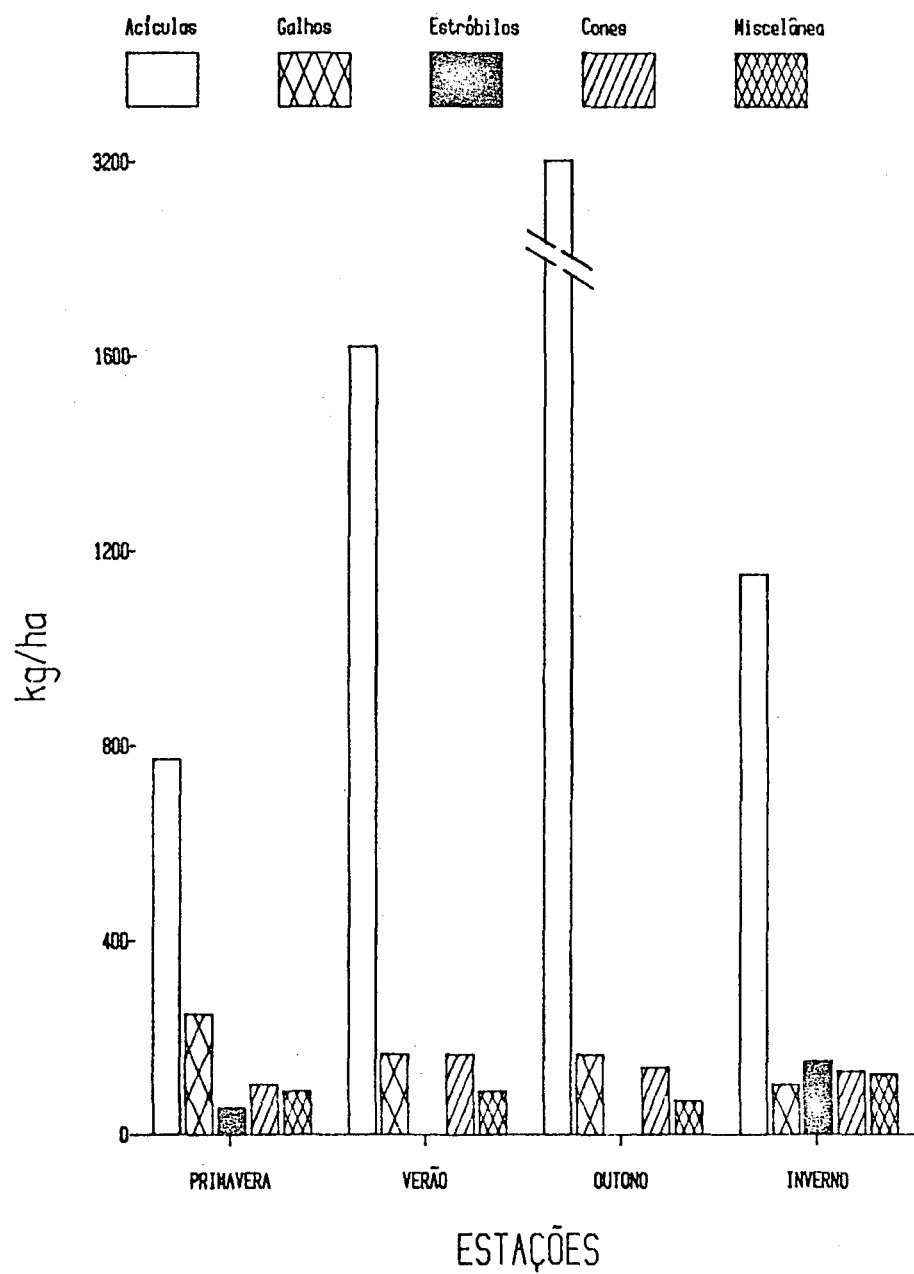
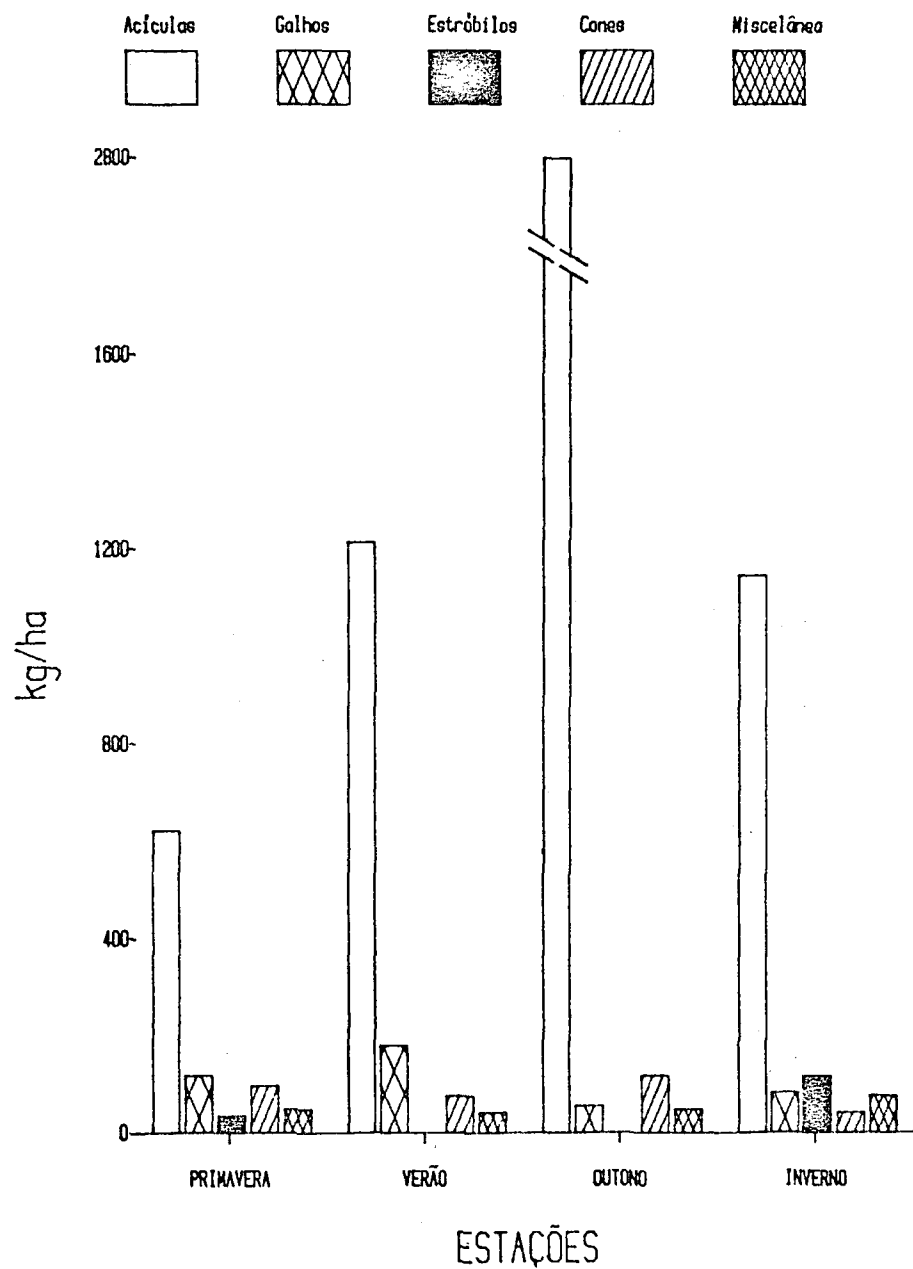


FIGURA 4. VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE NO SÍTIO RUIM.



: 91,2% sítio bom; 88,6 no sítio médio e 33,1% no sítio ruim. A menor contribuição ocorreu na primavera : 45,4% no sítio bom, 61,5% no sítio médio e 66,7% no sítio ruim.

Em todos os sítios a estação onde ocorreu a maior queda de acículas foi o outono (47 a 50%), seguindo-se o verão (22 a 24%) , o inverno (17 a 20%) e por último, a primavera (8 a 12%).

Não foi constatada diferença estatisticamente significativa entre verão e inverno nos sítios bom e ruim, embora os números mostrem uma pequena superioridade do verão (23 e 22%) em relação ao inverno (8 e 11%).

No sítio médio as diferenças entre as estações foram sempre estatisticamente significativas.

6.1.2 Total produzido no primeiro ano

A quantidade total de serapilheira produzida por sítio e estação está na TABELA 9.

Foram produzidas 8,2 ton/ha/ano de serapilheira no sítio bom; 8,4 ton/ha/ano no sítio médio e 6,7 ton/ha/ano no sítio ruim. Essas diferenças não se mostraram estatisticamente significativas.

A comparação entre as estações do ano mostrou comportamento semelhante às acículas. Foi no outono que ocorreu a maior queda de serapilheira (41 a 43%) seguindo-se verão (22 a 24%), inverno (20 a 21%) e primavera (14 a 15%).

6.1.3 Outros componentes da serapilheira produzida no primeiro ano

As médias e os desvios padrões das médias dos pesos das demais categorias componentes da serapilheira - galhos, estróbilos, cones e miscelânea - por estação e sítio estão nas TABELAS 5 a 8 e nas FIGURAS 2, 3 e 4.

Os galhos corresponderam de 6,5 a 9,4% do peso total anual da serapilheira; os estróbilos de 2,2 a 2,5%; os cones de 4,8 a 6,4% e a categoria miscelânea correspondeu de 3,2 a 4,9% .

Para todas as categorias as menores percentagens foram observadas no sítio ruim.

Quanto a variação estacional nenhum padrão pode ser definido, com exceção da categoria estróbilo.

A queda de estróbilos ocorreu somente no inverno e primavera em todos os sítios, com valores percentualmente maiores para o inverno (75 a 76%) do que a primavera (24 a 25%) nos sítios médio e ruim.

A categoria miscelânea também não mostrou padrão definido, uma vez que compõe-se de uma mistura de vários tipos de material.

Na primavera onde a contribuição percentual das acículas no total de serapilheira produzida foi menor, a contribuição dos galhos foi maior , sendo mais alta também a porcentagem de cones, pelo menos nos sítios bom e médio.

6.1.4. Acículas produzidas no segundo ano

A quantidade de acículas da serapilheira produzida

TABELA 5. VARIAÇÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ha) DOS GALHOS DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 E 16 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	ANO I		ANO II	
		9/85-8/86	%	9/86-8/87	%
Bom	Primavera	203,81±73	26	434,80±226	28
	Verão	248,10±105	32	305,94±105	20
	Outono	81,77±33	11	426,58±96	27
	Inverno	241,68±126	31	402,08±112	26
	Média Total	193,84±90 775,36	9,4	392,35±141 1569,40	16,8
Médio	Primavera	249,87±90	36	218,80±103	23
	Verão	168,14±103	25	309,56±172	33
	Outono	166,55±105	24	63,98±35	7
	Inverno	103,07±43	15	340,59±183	36
	Média Total	171,91±88 687,64	8,1	233,23±136 932,92	11,6
Ruim	Primavera	118,75±68	27	176,15±110	40
	Verão	182,37±67	41	99,88±64	22
	Outono	57,06±39	13	75,91±25	17
	Inverno	85,47±58	19	93,11±73	21
	Média Total	110,91±59 443,65	6,5	111,26±73 445,04	6,9

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 6. VARIACÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ha) DOS ESTRÓBILOS DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 E 16 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	ANO I 9/85-8/86	%	ANO II 9/86-8/87	%
Bom	Primavera	101,07±23	50	151,85±15	63
	Verão	0,0		0,0	
	Outono	0,0		0,0	
	Inverno	102,96±74	50	87,97±17	37
	Média Total	51,01±20 204,04	2,5	59,95±21 239,80	2,6
Médio	Primavera	52,10±11	25	181,76±17	64
	Verão	0,0		0,0	
	Outono	0,0		0,0	
	Inverno	154,83±16	75	84,40±15	36
	Média Total	51,73±20 206,92	2,5	71,55±24 286,20	3,6
Ruim	Primavera	34,18±5	24	166,86±16	66
	Verão	0,0		0,0	
	Outono	0,0		0,0	
	Inverno	115,07±14	76	84,40±15	34
	Média Total	36,31±15 145,25	2,2	62,82±22 251,28	3,9

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 7. VARIAÇÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ka) DOS CONES DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 E 16 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	ANO I 9/85-8/86	%	ANO II 9/86-8/87	%
Bom	Primavera	227,93±92	46	154,96±68	22
	Verão	112,36±50	23	192,94±127	27
	Outono	106,49±49	21	224,06±65	31
	Inverno	52,51±31	10	143,83±33	20
	Média Total	124,07±61 496,28	6,1	178,95±79 715,80	7,7
Médio	Primavera	104,50±29	19	154,65±17	30
	Verão	168,23±67	31	219,09±50	43
	Outono	138,49±51	25	53,94±22	10
	Inverno	133,07±50	25	87,13±37	17
	Média Total	136,07±50 544,28	6,4	128,70±43 514,80	6,4
Ruim	Primavera	95,51±44	29	21,30±17	6
	Verão	73,74±46	23	124,79±47	36
	Outono	118,53±53	36	62,29±30	18
	Inverno	40,22±24	12	135,61±53	40
	Média Total	81,10±43 328,00	4,8	86,00±40 343,96	5,4

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 8. VARIAÇÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ka) DA MISCELÂNEA DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 E A 6 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	ANO I		ANO II	
		9/85-8/86	%	9/86-8/87	%
Bom	Primavera	83,41±8	20	98,11±8	14
	Verão	96,30±10	24	148,89±11	21
	Outono	96,25±10	24	200,41±18	29
	Inverno	130,14±10	32	252,25±21	36
	Média Total	101,53±10 406,12	4,9	174,92±22 699,64	7,5
Médio	Primavera	91,00±87	24	101,01±8	14
	Verão	90,08±12	24	128,96±15	18
	Outono	69,28±4	19	166,39±11	24
	Inverno	125,26±8	33	310,26±19	44
	Média Total	93,91±10 375,64	4,4	176,66±27 706,64	8,8
Ruim	Primavera	49,02±4	23	72,37±6	14
	Verão	38,45±4	18	87,19±3	17
	Outono	49,63±3	23	124,35±9	25
	Inverno	77,58±5	36	223,07±10	44
	Média Total	53,67±6 214,68	3,2	126,74±18 506,9 6	7,9

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 9. VARIAÇÃO ANUAL E ESTACIONAL NO PESO (kg/ha) DA SERAPILHEIRA TOTAL DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 E 16 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	ANO I 9/85-8/86			ANO II 9/86-8/87		
				%			%
Bom	Primavera	1134,14±420	c	14	1281,74±955	c	14
	Verão	1920,76±608	b	23	2331,31±666	b	25
	Outono	3434,31±793	a	42	3442,40±603	a	37
	Inverno	1727,86±640	b	21	2286,86±746	b	24
	Média Total	2054,27±1051	A		2335,60±1063	A	
		8217,00		100	9342,41		100
Médio	Primavera	1266,05±438	c	15	1070,98±477	b	13
	Verão	2047,10±631	b	24	2300,23±919	a	29
	Outono	3475,14±701	a	41	2587,97±413	a	32
	Inverno	1669,08±392	bc	20	2082,32±749	a	26
	Média Total	2114,35±999	A		2010,37±869	A	
		8457,40		100	8041,48		100
Ruim	Primavera	917,76±342	c	14	901,35±382	b	14
	Verão	1508,65±549	b	22	2060,85±613	a	32
	Outono	2898,80±679	a	43	1984,39±369	a	31
	Inverno	1460,47±456	b	21	1462,75±473	ab	23
	Média Total	1696,41±894	A		1602,33±654	B	
		6785,68		100	6409,32		100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

nos três sítios pode ser vista na TABELA 4 e nas FIGURAS 5, 6 e 7.

No sítio bom o peso das acículas da serapilheira foi de 6,1 ton/ha/ano; no sítio médio 5,6 ton/ha/ano e no sítio ruim 4,8 ton/ha/ano. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os sítios.

Para o segundo ano de observação as acículas corresponderam de 65% a 76% do total da serapilheira, com maior porcentagem para o sítio ruim, e a menor para o sítio bom.

A comparação entre as estações do ano mostra que em todos os sítios a maior quantidade de acículas caiu no outono (35 a 42%), seguindo-se o verão (28 a 36%) e o inverno (19 a 23%). A menor quantidade de acículas caiu na primavera (7 a 10%). No sítio ruim não houve diferença estatisticamente significativa entre a quantidade caída no verão e outono, e no sítio bom, não houve diferença entre verão e inverno.

Na primavera a contribuição percentual das acículas no total de serapilheira foi menor : 30,2 % no sítio bom; 36,4% no sítio médio e 51,6% no sítio ruim. A maior contribuição percentual das acículas ocorreu no verão nos sítios bom (73,9%) e ruim (85,7%) e no outono no sítio médio (88,5%).

6.1.5. Total produzido no segundo ano

A quantidade total de serapilheira produzida por sítio e por estação no segundo ano de coleta pode ser observada na TABELA 9.

Foram produzidas 9,3 ton/ha/ano de serapilheira no

sítio bom; 8,4 ton/ha/ano no sítio médio e 6,4 ton/ha/ano no sítio ruim. Só houve diferença estatisticamente significativa entre o sítio bom e o ruim.

A análise das diferenças entre estações, mostrou novamente a superioridade do outono na produção de serapilheira (31 a 37%), seguindo-se do verão (25 a 32%), o inverno (23 a 26%) e por último a primavera (13 a 14%). Essas diferenças no entanto, não foram sempre significativas para todos os sítios.

Nos sítios médio e ruim, embora a maior quantidade de serapilheira tenha sido produzida no outono, não houve diferença entre esta estação e o verão ou inverno. No sítio bom não houve diferença entre verão e inverno.

6.1.6. Outros componentes da serapilheira produzida no segundo ano

As médias dos pesos dos outros componentes da serapilheira neste período também estão contidas nas TABELAS 5 a 8 e nas FIGURAS 5 a 7.

No segundo ano a participação dos galhos foi maior (6,9 a 16,8%) principalmente no sítio bom.

Os estróbilos contribuíram de 2,6 a 3,9% do peso total da serapilheira, com a maior porcentagem ocorrendo no sítio ruim e a menor no sítio bom.

Os cones perfizeram de 5,4 a 7,7% do peso total da serapilheira e a contribuição da categoria miscelânea foi maior do que no ano anterior (7,5 a 8,8%).

As menores porcentagens de galhos e cones foram

FIGURA 5. VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE NO SÍTIO BOM.

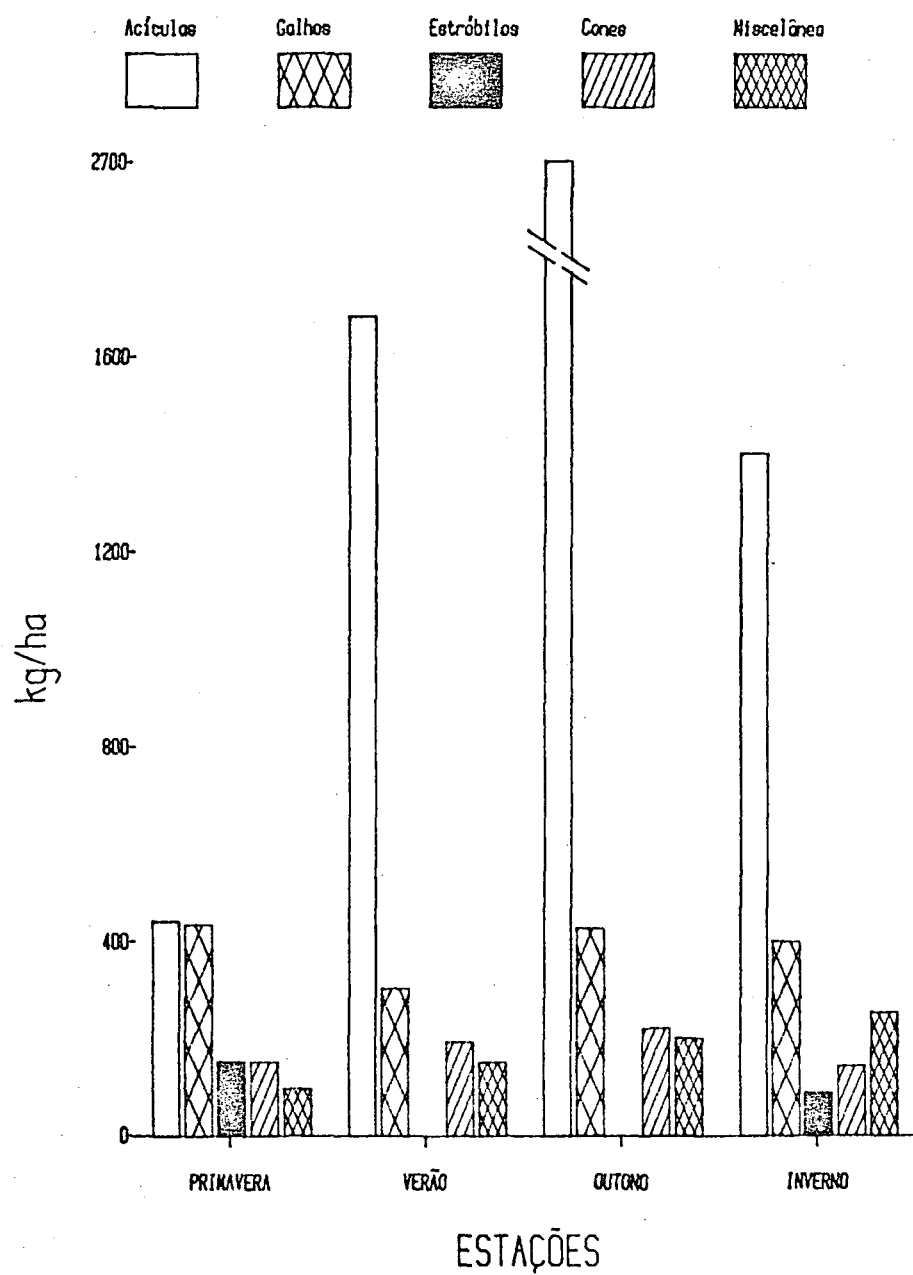


FIGURA 6. VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE NO SÍTIO MÉDIO.

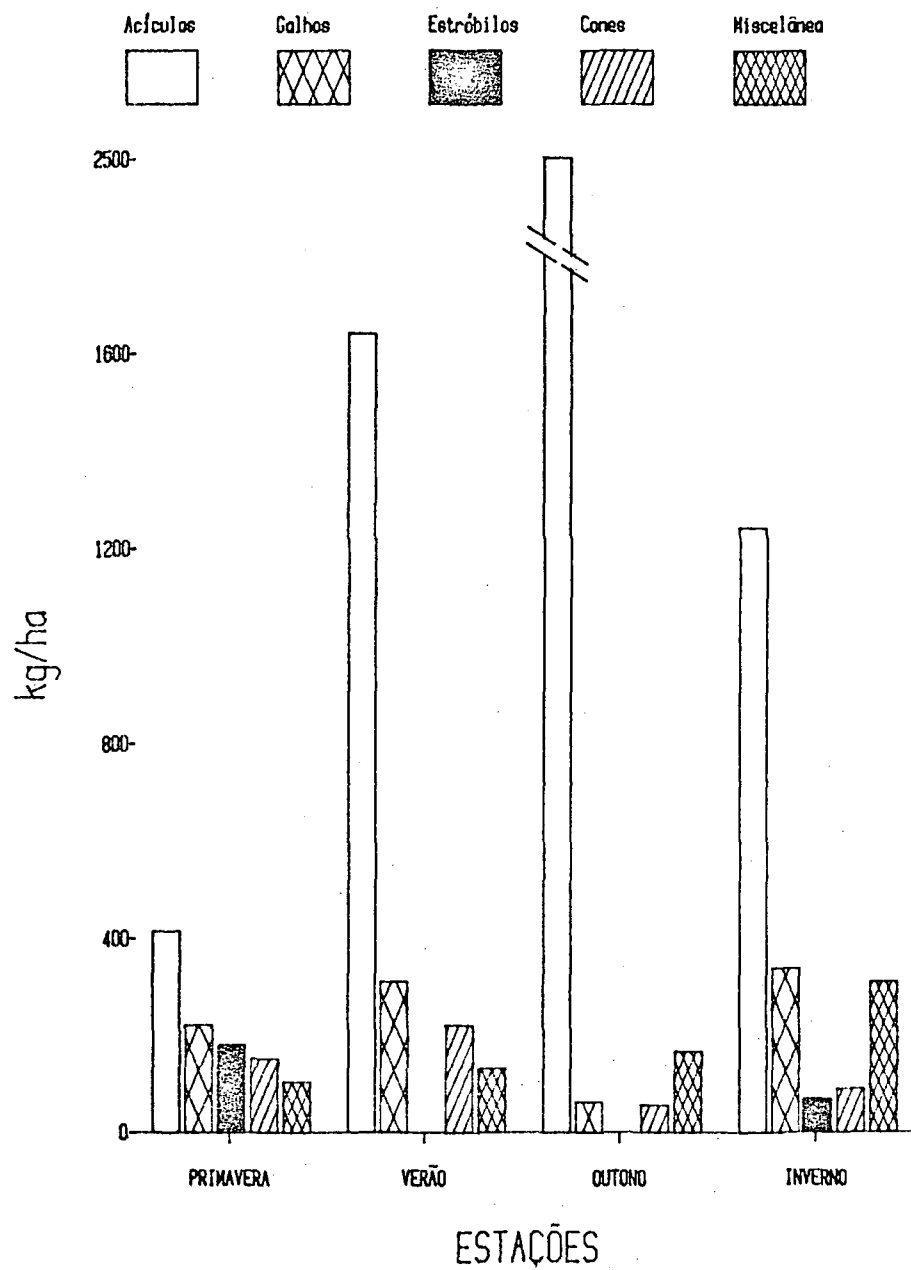
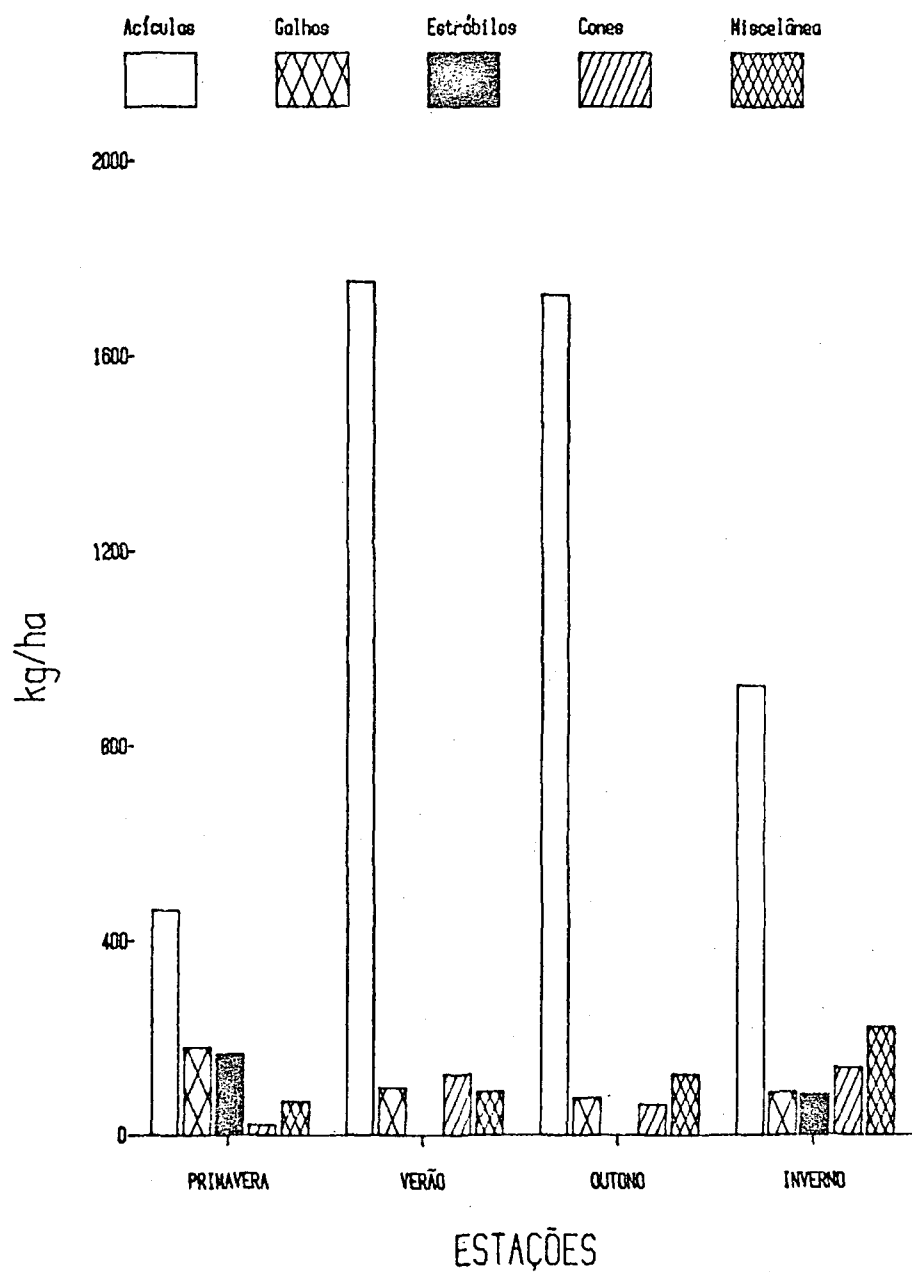


FIGURA 7. VARIAÇÃO ESTACIONAL NA QUANTIDADE (kg/ha) DOS VÁRIOS COMPONENTES DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE NO SÍTIO RUIM.



verificadas no sítio ruim e as maiores no sítio bom. Já para a categoria miscelânea a maior porcentagem verificou-se no sítio médio (8,8%) seguindo-se o sítio ruim (7,9%) e finalmente o sítio bom (7,5%).

Da mesma forma que no ano anterior, não se observou padrão definido de queda para estas categorias em relação as estações do ano, excessão feita aos estróbilos.

A queda dos estróbilos verificou-se somente no inverno e primavera em todos os sítios, com valores percentualmente maiores para a primavera (63 a 66%) que inverno (34 a 37%). A diferença entre sítios embora pequena, mostra que a maior queda de estróbilos ocorreu no sítio ruim.

Na primavera, quando a porcentagem das acículas no total de serapilheira produzida foi menor, foram os galhos que deram a maior contribuição em todos os sítios, comparado com as outras estações.

Nos sítios bom e médio, depois dos galhos foram os estróbilos e cones que mais contribuíram para o peso total, cabendo a menor porcentagem a fração miscelânea. No sítio ruim a menor contribuição foi dada pelos cones.

6.1.7 Variação anual

As TABELAS 4 a 9 mostram também a variação anual na produção de serapilheira, por categoria de material e classe de sítio.

O total de serapilheira aumentou cerca de 14% no sítio bom e diminuiu 5% no sítio médio e 6% no sítio ruim .

Em todos os sítios observou-se uma diminuição na

porcentagem de acículas no segundo ano e um aumento na porcentagem dos outros componentes.

O maior aumento verificou-se para a categoria galhos nos sítios bom (102%) e médio (43%).

6.1.8 Correlação com variáveis climáticas

Os dados de precipitação, temperaturas máximas, mínimas e médias e umidade relativa do ar estão na TABELA 10.

Na TABELA 11 estão as correlações entre o peso das acículas e total de serapilheira e as variáveis climáticas.

As únicas correlações que se mostraram consistentes foram aquelas entre peso da serapilheira produzida e umidade relativa do ar.

TABELA 10. DADOS CLIMÁTICOS COLETADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE VILHA VELHA, PONTA GROSSA-PR.

ESTAÇÃO	PRECIPITAÇÃO mm		MÉDIA DAS TEMP. MAX. °C		MÉDIA DAS TEMP. MIN. °C		MÉDIA DAS TEMP. MED. °C		U. RELATIVA%	
	ANO 1	ANO 2	ANO 1	ANO 2	ANO 1	ANO 2	ANO 1	ANO 2	ANO 1	ANO 2
Primavera	223,4	581,0	26,3	25,3	14,4	15,0	20,3	20,2	68	74
Verão	435,8	360,4	27,8	27,4	17,8	16,6	22,8	22,0	76	77
Outono	381,9	466,7	24,0	22,0	14,3	12,7	19,2	17,4	80	84
Inverno	217,3	326,7	21,1	21,0	10,9	10,0	16,0	15,5	76	75

6.2 TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA

Os resultados da análise química referem-se a serapilheira coletada no primeiro ano (setembro de 1985 a agosto de 1986). Por motivos técnicos não foi efetuada análise do material coletado no último mês (agosto/86) e portanto as

TABELA 11. MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE O PESO DAS ACÍCULAS E O TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA E AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.

ANO	SÍTIO	MATERIAL	PPT	TEMP.MÁX.	TEMP.MÍN.	TEMP.MÉD.	U.REL
I	Bom	Acículas	0,62	-0,17	0,10	-0,03	0,89
		Total	0,59	-0,19	0,07	-0,05	0,87
	Médio	Acículas	0,65	-0,06	0,18	0,08	0,82
		Total	0,65	-0,10	0,16	0,04	0,84
	Ruim	Acículas	0,52	-0,27	-0,01	-0,13	0,87
		Total	0,53	-0,27	-0,01	-0,13	0,87
	Bom	Acículas	-0,45	-0,32	-0,20	-0,26	0,89
		Total	-0,38	-0,46	-0,32	-0,40	0,92
II	Médio	Acículas	-0,41	-0,26	-0,13	-0,20	0,91
		Total	-0,65	-0,29	-0,23	-0,26	0,76
	Ruim	Acículas	-0,45	0,19	0,27	0,23	0,72
		Total	-0,61	0,06	0,11	0,08	0,68

médias referentes ao inverno foram feitas com valores de apenas dois meses.

Os resultados são apresentados por grupo de elementos e por categoria de material. Os quadros das análises da variância estão nas TABELAS A5 a A22.

6.2.1 Teores de macronutrientes nas acículas

O teor médio e o desvio padrão de N, P, K, Ca e Mg nas acículas da serapilheira por sítio e estação estão na TABELA 12.

O teor de K foi maior no sítio médio do que no sítio bom e o menor teor foi encontrado no sítio ruim. O teor de Mg foi maior no sítio bom, seguindo-se o sítio médio e o ruim. Quanto aos outros elementos, não houve diferença significativa entre sítios.

Quanto à variação estacional, não houve diferença significativa nos teores estacionais de Ca, P e Mg. Teores de N e K foram maiores na primavera e verão e menores no outono e inverno, com excessão do N no sítio ruim que apresentou maiores teores na primavera e inverno e menores teores no verão e outono.

6.2.2 Teores de macronutrientes nos outros componentes da serapilheira produzida

Os teores médios e os desvios padrões das médias dos macronutrientes nos outros componentes da serapilheira estão nas TABELAS 13 a 16.

O desvio padrão para esses componentes foi maior do

TABELA 12. TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	N		P		K		Ca		Mg	
Bom	Primavera	0,79±0,040	a	0,06±0,008	a	0,14±0,020	a	0,31±0,100	a	0,09±0,020	a
	Verão	0,71±0,020	a	0,06±0,010	a	0,15±0,020	a	0,30±0,010	a	0,08±0,005	a
	Outono	0,54±0,020	c	0,04±0,005	a	0,09±0,010	b	0,24±0,010	a	0,06±0,000	a
	Inverno	0,62±0,020	bc	0,03±0,000	a	0,07±0,010	b	0,26±0,030	a	0,08±0,020	a
	Média	0,66±0,100	A	0,05±0,014	A	0,11±0,040	B	0,28±0,060	A	0,08±0,020	A
Médio	Primavera	0,91±0,050	a	0,06±0,025	a	0,23±0,010	a	0,24±0,110	a	0,07±0,008	a
	Verão	0,66±0,080	b	0,05±0,005	a	0,18±0,020	b	0,24±0,020	a	0,07±0,010	a
	Outono	0,52±0,040	c	0,04±0,005	a	0,12±0,020	c	0,16±0,005	a	0,05±0,005	a
	Inverno	0,63±0,020	b	0,04±0,006	a	0,11±0,030	c	0,21±0,020	a	0,08±0,010	a
	Média	0,68±0,150	A	0,05±0,016	A	0,16±0,050	A	0,21±0,020	A	0,07±0,010	B
Ruim	Primavera	0,89±0,090	a	0,06±0,027	a	0,12±0,006	a	0,20±0,040	a	0,04±0,005	a
	Verão	0,64±0,050	bc	0,04±0,000	a	0,06±0,008	b	0,26±0,010	a	0,03±0,005	a
	Outono	0,58±0,030	c	0,04±0,006	a	0,06±0,030	b	0,25±0,030	a	0,04±0,010	a
	Inverno	0,70±0,020	b	0,03±0,000	a	0,04±0,005	b	0,22±0,070	a	0,05±0,010	a
	Média	0,70±0,130	A	0,04±0,017	A	0,07±0,030	C	0,23±0,040	A	0,04±0,010	C

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 13. TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NOS GALHOS DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	N	n*	P	n*	K	n*	Ca	n*	Mg	n*
Bom	Primavera	0,35±0,020	11	0,02±0,003	11	0,03±0,007	8	0,23±0,020	11	0,04±0,060	11
	Verão	0,41±0,040	10	0,04±0,003	10	0,06±0,020	10	0,41±0,080	10	0,04±0,006	10
	Outono	0,49±0,050	11	0,03±0,006	11	0,02±0,002	12	0,27±0,030	12	0,03±0,003	12
	Inverno	0,49±0,070	7	0,02±0,005	6	0,02±0,003	7	0,35±0,060	7	0,04±0,007	7
	Média	0,43±0,020		0,03±0,002		0,04±0,008		0,31±0,030		0,04±0,003	
Médio	Primavera	0,39±0,050	10	0,02±0,002	10	0,05±0,020	10	0,28±0,030	10	0,06±0,009	10
	Verão	0,37±0,040	10	0,03±0,006	10	0,03±0,009	10	0,29±0,050	10	0,04±0,006	10
	Outono	0,43±0,050	8	0,02±0,003	8	0,06±0,020	8	0,23±0,020	8	0,03±0,003	8
	Inverno	0,56±0,080	5	0,02±0,003	5	0,02±0,002	5	0,20±0,060	5	0,05±0,010	5
	Média	0,42±0,030		0,02±0,002		0,04±0,009		0,26±0,020		0,05±0,005	
Ruim	Primavera	0,36±0,050	7	0,02±0,003	7	0,03±0,004	6	0,26±0,030	7	0,03±0,003	7
	Verão	0,32±0,030	10	0,02±0,002	9	0,02±0,003	9	0,41±0,100	9	0,02±0,001	9
	Outono	0,43±0,080	7	0,02±0,003	7	0,02±0,003	7	0,22±0,030	7	0,02±0,004	7
	Inverno	0,38±0,040	3	0,01±0,000	3	0,02±0,006	3	0,36±0,110	3	0,03±0,006	3
	Média	0,36±0,030		0,02±0,002		0,02±0,002		0,31±0,040		0,02±0,002	

n* = número de repetições da média

TABELA 14. TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NOS ESTRÓBILOS DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	N	n*	P	n*	K	n*	Ca	n*	Mg	n*
Bom	Primavera	0,68±0,020	12	0,05±0,002	12	0,09±0,010	12	0,13±0,006	12	0,07±0,003	12
	Verão	1,00±0,060	4	0,06±0,002	6	0,11±0,020	6	0,18±0,010	6	0,06±0,004	6
	Outono	-		0,06±0,000	2	0,05±0,007	2	0,26±0,040	2	0,07±0,007	2
	Inverno	-		-		-		-		-	
	Média	0,76±0,040		0,05±0,002		0,09±0,010		0,16±0,010		0,07±0,002	
Médio	Primavera	0,78±0,080	11	0,07±0,003	12	0,17±0,010	8	0,16±0,010	10	0,11±0,006	10
	Verão	1,06±0,060	2	0,06±0,005	2	0,08±0,020	2	0,26±0,070	2	0,14±0,020	2
	Outono	-		-		-		-		-	
	Inverno	-		-		-		-		-	
	Média	0,82±0,070		0,07±0,003		0,15±0,020		0,18±0,020		0,11±0,006	
Ruim	Primavera	0,75±0,030	11	0,05±0,006	11	0,13±0,030	11	0,17±0,020	11	0,06±0,006	11
	Verão	1,05±0,200	2	0,06±0,007	2	0,10±0,005	2	0,15±0,040	2	0,04±0,000	2
	Outono	-		-		-		-		-	
	Inverno	-		-		-		-		-	
	Média	0,79±0,080		0,05±0,006		0,12±0,020		0,17±0,020		0,06±0,006	

n* = número de repetições da média

TABELA 15. TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NOS CONES DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	N	n*	P	n*	K	n*	Ca	n*	Mg	n*
Bom	Primavera	0,45±0,080	7	0,02±0,004	7	0,23±0,070	8	0,06±0,010	8	0,05±0,010	8
	Verão	0,52±0,090	6	0,04±0,002	4	0,06±0,030	6	0,09±0,010	6	0,05±0,008	6
	Outono	0,38±0,030	2	0,02±0,000	4	0,13±0,060	4	0,09±0,020	4	0,04±0,002	4
	Inverno	0,66±0,030	2	0,04±0,010	2	0,30±0,130	2	0,06±0,005	2	0,06±0,005	2
	Média	0,49±0,050		0,03±0,002		0,16±0,040		0,07±0,007		0,05±0,004	
Médio	Primavera	0,48±0,060	8	0,02±0,003	8	0,04±0,020	8	0,10±0,007	8	0,05±0,020	8
	Verão	0,62±0,060	4	0,04±0,008	7	0,12±0,030	7	0,36±0,080	8	0,08±0,002	8
	Outono	-		0,02±0,003	8	0,10±0,030	8	0,59±0,060	8	0,08±0,010	8
	Inverno	0,52±0,130	2	1,02±0,004	4	0,11±0,040	4	0,32±0,140	4	0,06±0,010	4
	Média	0,53±0,040		0,03±0,002		0,09±0,020		0,35±0,050		0,07±0,009	
Ruim	Primavera	0,56±0,060	7	0,02±0,004	7	0,05±0,020	7	0,14±0,070	7	0,03±0,008	7
	Verão	-		0,02±0,002	4	0,04±0,040	4	0,49±0,020	4	0,06±0,004	4
	Outono	-		0,02±0,002	4	0,06±0,050	4	0,47±0,010	4	0,06±0,000	4
	Inverno	0,56±0,080	2	0,04±0,010	2	0,16±0,060	2	0,40±0,180	2	0,04±0,020	2
	Média	0,56±0,040		0,02±0,002		0,06±0,020		0,33±0,050		0,04±0,005	

n* = número de repetições da média

TABELA 16. TEOR (%) ESTACIONAL DE MACRONUTRIENTES NA FRACAO MISCELANEA DA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	N	n*	P	n*	K	n*	Ca	n*	Mg	n*
Bom	Primavera	0,80±0,020	12	0,06±0,003	12	0,06±0,003	12	0,20±0,010	12	0,05±0,003	12
	Verão	0,77±0,030	12	0,07±0,006	12	0,08±0,006	12	0,31±0,060	12	0,05±0,003	12
	Outono	0,85±0,100	12	0,08±0,010	12	0,08±0,009	12	0,19±0,010	12	0,05±0,006	12
	Inverno	1,28±0,110	8	0,10±0,010	8	0,12±0,020	8	0,25±0,060	8	0,14±0,050	8
	Média	0,89±0,040		0,08±0,004		0,08±0,006		0,24±0,020		0,07±0,010	
Médio	Primavera	0,80±0,020	12	0,04±0,006	12	0,07±0,006	12	0,18±0,009	12	0,06±0,003	12
	Verão	0,72±0,030	12	0,05±0,002	12	0,07±0,003	12	0,29±0,050	12	0,04±0,002	12
	Outono	0,97±0,080	12	0,08±0,009	12	0,10±0,020	12	0,16±0,030	12	0,05±0,003	12
	Inverno	1,50±0,110	8	0,16±0,010	8	0,20±0,020	8	0,16±0,020	7	0,09±0,010	12
	Média	0,95±0,050		0,07±0,008		0,10±0,009		0,20±0,020		0,06±0,004	
Ruim	Primavera	0,86±0,050	12	0,06±0,007	12	0,10±0,020	12	0,23±0,030	12	0,05±0,006	12
	Verão	1,02±0,110	12	0,06±0,006	12	0,08±0,010	12	0,28±0,060	12	0,04±0,006	12
	Outono	1,11±0,080	11	0,10±0,010	12	0,08±0,010	12	0,16±0,020	12	0,05±0,005	12
	Inverno	1,48±0,080	8	0,12±0,010	8	0,15±0,020	8	0,19±0,020	8	0,08±0,020	12
	Média	1,08±0,350		0,08±0,060		0,10±0,008		0,22±0,020		0,05±0,004	

n* = número de repetições da média

que o das acículas, evidenciando maior variação no teor dos elementos.

Para todos os elementos a excessão do Ca, os menores teores foram encontrados nos galhos. Os menores teores de Ca foram verificados nos estróbilos.

Os teores de N e P obedeceram o mesmo padrão geral em todos os sítios : miscelânea > estróbilos > acículas > cones > galhos. Para os outros elementos há grande variação entre os componentes e sítios ficando difícil estabelecer uma tendência geral.

Os maiores teores de Ca foram encontrados nos galhos e cones que são os componentes lenhosos da serapilheira . É de se destacar os altos teores de N, P, K e Mg presentes nos estróbilos.

Em todos os sítios as acículas continham teores intermediários de todos os elementos.

Quando se compara os teores médios anuais nos tres tipos de sítio, observa-se grande variação entre categorias de material e o elemento considerado. Também é difícil estabelecer um padrão geral. Somente para o elemento Mg os menores teores foram encontrados sistematicamente no sítio ruim.

Da mesma forma, quanto a variação estacional nenhum padrão pode ser definido devido a grande variação entre estações, elementos e sítios.

6.2.3 Teores de macronutrientes no total de serapilheira produzida

O teor médio dos macronutrientes na serapilheira

total pode ser vista na TABELA 17.

A análise da variância foi efetuada somente para os teores médios de N, K e Ca, uma vez que para os outros elementos não se conseguiu homogeneidade da variância.

A diferença entre sítios só foi estatisticamente significativa para o teor de K, que foi superior no sítio médio e menor no sítio ruim.

Em todos os sítios os maiores teores de N, P, K e Mg foram verificados no inverno, embora altos teores de K tenham também ocorrido na primavera.

O teor de P variou muito pouco entre as estações.

O maior teor de Ca em todos os sítios ocorreu no verão, e o menor na primavera.

As menores concentrações de N, K e Mg ocorreram no outono, embora para o K não tenha havido diferenças entre verão e outono, nos sítios médio e ruim.

6.2.4 Teores de micronutrientes e Al nas acículas

O teor médio e o desvio padrão dos micronutrientes e Al nas acículas estão na TABELA 18.

O teores seguiram a ordem $Al > Mn > Fe > B > Zn > Cu$ nos sítios bom e médio. No sítio ruim o teor de Mn foi maior do que o de Al.

Com excessão dos elementos Cu e B as diferenças entre os sítios foram estatisticamente significativas. Cada elemento no entanto, mostrou um comportamento. Os maiores teores de Fe e Al foram encontrados no sítio bom. A diferença entre os sítios médio e ruim não foi estatisticamente

TABELA 17. TEOR (%) ESTACIONAL MÉDIO DE MACRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE (MÉDIA DE TODAS AS FRAÇÕES).

SÍTIO	ESTAÇÃO	N		P		K		Ca		Mg	
Bom	Primavera	0,62±0,050	a	0,04±0,002	a	0,10±0,030	a	0,19±0,030	a	0,06±0,007	a
	Verão	0,70±0,030	a	0,05±0,001	a	0,10±0,020	a	0,29±0,050	a	0,06±0,002	a
	Outono	0,60±0,080	a	0,05±0,008	a	0,07±0,020	a	0,22±0,040	a	0,05±0,005	a
	Inverno	0,77±0,080	a	0,06±0,010	a	0,10±0,040	a	0,26±0,060	a	0,08±0,020	a
	Média	0,66±0,080	A	0,05±0,009	A	0,09±0,030	AB	0,24±0,060	A	0,06±0,020	A
Médio	Primavera	0,67±0,040	a	0,04±0,007	a	0,11±0,010	a	0,19±0,030	a	0,08±0,020	a
	Verão	0,64±0,070	a	0,04±0,006	a	0,10±0,010	a	0,29±0,020	a	0,06±0,020	a
	Outono	0,64±0,040	a	0,04±0,002	a	0,10±0,020	a	0,29±0,040	a	0,05±0,007	a
	Inverno	0,84±0,080	a	0,06±0,010	a	0,11±0,006	a	0,20±0,040	a	0,07±0,009	a
	Média	0,70±0,100	A	0,05±0,010	A	0,10±0,010	A	0,24±0,060	A	0,07±0,010	A
Ruim	Primavera	0,68±0,020	a	0,05±0,009	a	0,09±0,010	a	0,20±0,020	b	0,04±0,009	a
	Verão	0,70±0,140	a	0,04±0,008	a	0,06±0,010	a	0,34±0,060	a	0,04±0,008	a
	Outono	0,73±0,050	a	0,05±0,005	a	0,06±0,005	a	0,26±0,040	a	0,04±0,004	a
	Inverno	0,94±0,200	a	0,06±0,010	a	0,10±0,020	a	0,25±0,080	a	0,06±0,020	a
	Média	0,76±0,150	A	0,05±0,010	A	0,08±0,020	B	0,26±0,070	A	0,04±0,010	A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 18. TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E AL NAS ACÍCULAS DA SERA-PILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Fe		Mn		Cu		Zn		Al		B	
Bom	Primavera	148±27	a	831±112	a	7±3	a	10±3	a	976±218	a	23±13	a
	Verão	126±15	ab	626±46	a	6±1	ab	9±1	a	883±28	a	18±4	a
	Outono	103±8	b	645±29	a	4±2	b	8±1	a	813±98	a	18±1	a
	Inverno	122±10	ab	800±174	a	4±1	b	11±1	a	729±40	a	20±1	a
	Média	125±22	A	725±134	B	5±2	A	10±2	A	850±144	A	20±6	A
Médio	Primavera	69±17	c	212±22	a	5±2	a	19±4	a	694±36	a	14±1	b
	Verão	113±16	a	180±25	a	5±1	ab	8±1	bc	716±64	a	23±2	a
	Outono	74±8	c	202±22	a	7±2	a	6±1	c	642±11	a	19±1	a
	Inverno	100±22	ac	262±52	a	3±2	b	10±2	b	723±99	a	25±2	a
	Média	89±24	B	214±43	C	5±2	A	11±6	A	694±64	B	20±5	A
Ruim	Primavera	79±16	a	873±160	a	7±1	a	11±1	a	644±67	a	20±1	a
	Verão	89±4	a	755±149	a	4±1	b	5±0	b	716±33	a	21±3	a
	Outono	86±6	a	878±218	a	6±2	ab	6±1	b	726±26	a	18±1	a
	Inverno	106±10	a	1100±232	a	4±1	b	11±1	a	693±23	a	26±1	a
	Média	90±14	B	901±215	A	5±2	A	8±3	B	695±49	B	21±1	A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

significativa. Já o teor de Fe, e o teor de Al foram maiores no sítio ruim que no médio. O maior teor de Mn correspondeu ao sítio ruim, seguindo-se o sítio bom e o médio. O maior teor de Zn verificou-se no sítio médio, que não diferiu estatisticamente do sítio bom. O menor teor deste elemento verificou-se no sítio ruim.

Diferenças estacionais nos teores de Al e Mn em todos os sítios, do Fe no sítio ruim, do Zn no sítio bom e do B nos sítios bom e ruim não foram estatisticamente significativas. O teor de Fe no sítio bom foi superior na primavera e menor no outono. Já no sítio médio o maior teor deste elemento ocorreu no verão e o menor na primavera. O teor de Cu foi maior na primavera nos sítios bom e ruim e, no outono, no sítio médio, não ocorrendo diferença entre as demais estações.

O teor de Zn foi superior na primavera no sítio médio, com os menores teores correspondendo ao verão e outono. O mesmo ocorreu no sítio ruim, onde no entanto, os teores da primavera e inverno foram iguais. No sítio médio o maior teor de B ocorreu no verão, outono e inverno, e o menor teor na primavera.

6.2.5 Teores de micronutrientes e Al nos outros componentes da serapilheira produzida

Os teores médios de micronutrientes e Al por estação nos outros componentes da serapilheira (galhos, estróbilos, cones e miscelânea) bem como os respectivos desvios padrões das médias estão nas TABELAS 19 a 22.

Verificou-se novamente o alto desvio padrão,

TABELA 19. TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NOS GALHOS DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Fe	n*	Mn	n*	Cu	n*	Zn	n*	Al	n*	B	n*
Bom	Primavera	152±17	12	247±17	12	8±1	12	10±3	12	695±49	12	25±2	12
	Verão	218±46	10	244±18	10	10±2	10	12±4	8	739±73	10	22±3	10
	Outono	310±34	12	259±13	12	15±3	12	14±1	12	764±50	12	29±4	10
	Inverno	113±14	7	237±60	7	4±11	6	11±2	7	472±42	6	28±4	5
	Média	209±20		248±12		10±1		12±1		693±32		26±2	
Médio	Primavera	260±49	10	109±6	10	12±3	10	10±4	10	716±53	10	23±3	9
	Verão	178±24	10	113±12	10	9±1	10	6±1	10	695±96	10	15±2	8
	Outono	254±24	8	91±9	8	11±2	8	18±4	8	749±106	8	20±4	6
	Inverno	107±11	5	96±9	5	11±3	4	10±2	5	603±75	5	33±3	5
	Média	211±20		104±5		11±1		11±1		701±42		22±9	
Ruim	Primavera	172±25	7	248±27	7	12±3	6	7±3	8	742±76	7	23±6	7
	Verão	154±29	9	228±21	9	10±2	9	4±1	9	683±32	9	14±2	9
	Outono	205±26	7	203±22	7	10±2	7	18±4	7	654±150	7	38±11	6
	Inverno	187±115	3	310±125	3	6±3	3	10±2	3	518±188	3	37±8	3
	Média	176±18		236±18		10±1		10±2		671±108		24±4	

n* = número de repetições da média

TABELA 20. TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NOS ESTRÓBILOS DA SERAPI-
LHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Fe	n*	Mn	n*	Cu	n*	Zn	n*	Al	n*	B	n*
Bom	Primavera	188±9	12	166±8	12	12±3	12	20±2	12	599±38	12	69±11	8
	Verão	300±41	6	178±30	6	16±4	6	48±30	6	1101±71	6	109±0	1
	Outono	568±79	2	253±18	2	51±23	2	14±11	2	1220±76	2	-	
	Inverno	-		-		-		-		-		-	
	Média	260±30		179±11		17±4		28±9		810±68		73±10	
Médio	Primavera	211±18	10	121±10	10	12±3	8	25±2	8	608±150	8	83±13	8
	Verão	370±10	2	128±8	2	6±3	2	34±11	2	530±32	2	-	
	Outono	-		-		-		-		-		-	
	Inverno	-		-		-		-		-		-	
	Média	237±23		122±9		11±2		27±3		592±119		83±13	
Ruim	Primavera	158±16	11	215±11	11	16±4	11	28±4	11	536±45	12	96±12	8
	Verão	110±13	2	141±17	2	15±0	2	18±3	2	515±02	2	-	
	Outono	-		-		-		-		-		-	
	Inverno	-		-		-		-		-		-	
	Média	151±14		204±12		16±6		27±2		533±38		96±12	

n* = número de repetições da média

TABELA 21. TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NOS CONES DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Fe	n*	Mn	n*	Cu	n*	Zn	n*	Al	n*	B	n*
Bom	Primavera	57±15	8	52±12	8	5±1	8	23±3	7	510±67	8	7±2	7
	Verão	91±23	6	85±29	6	4±2	4	64±48	3	449±113	5	13±3	6
	Outono	60±19	4	40±10	4	7±2	3	22±6	4	390±62	4	9±2	5
	Inverno	78±61	2	50±20	2	2±0	2	18±3	2	318±144	2	64±25	2
	Média	70±11		59±10		5±1		30±9		449±44		15±4	
Médio	Primavera	154±47	8	34±4	8	10±3	8	18±3	8	579±55	8	11±3	7
	Verão	99±20	7	35±5	8	6±1	7	18±1	8	460±46	8	9±2	8
	Outono	112±17	8	31±2	8	8±1	8	17±1	8	354±23	8	6±1	8
	Inverno	119±52	4	39±10	4	4±2	4	16±2	4	378±54	4	21±6	4
	Média	122±17		34±2		7±1		17±1		452±28		10±2	
Ruim	Primavera	86±6	7	46±6	7	6±2	7	14±1	12	476±74	7	14±4	6
	Verão	98±25	4	46±8	4	6±1	4	12±1	12	417±32	4	3±1	4
	Outono	53±20	4	43±10	4	4±1	4	10±0,3	12	325±68	4	35±16	3
	Inverno	72±37	2	88±11	2	6±4	2	16±0,4	8	277±71	2	26±4	2
	Média	80±16		51±5		6±1		13±1		403±39		17±4	

n* = número de repetições da média

TABELA 22. TEOR (ppm) ESTACIONAL DE MICRONUTRIENTES E Al NA FRACÃO MISCELÂNEA DA SE-RAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Fe	n*	Mn	n*	Cu	n*	Zn	n*	Al	n*	B	n*
Bom	Primavera	345±36	12	241±18	12	12±2	12	14±1	12	1196±80	12	50±3	12
	Verão	491±108	10	221±25	12	14±2	12	24±10	12	1651±49	12	19±2	12
	Outono	435±75	12	242±22	12	12±1	12	20±2	12	1465±107	12	26±13	12
	Inverno	397±47	8	219±15	8	10±4	7	30±3	8	1030±79	8	41±2	8
	Média	415±36		232±10		12±1		21±3		1363±53		34±2	
Médio	Primavera	352±30	12	85±6	12	9±2	12	31±7	12	1241±64	12	50±5	12
	Verão	1082±217	12	93±4	12	8±2	12	13±1	12	1422±97	12	24±7	12
	Outono	543±46	12	91±10	12	11±2	12	21±2	12	1416±159	12	32±6	12
	Inverno	261±24	8	97±10	8	14±3	8	37±4	8	877±57	8	42±2	8
	Média	587±77		91±4		10±1		24±2		1272±61		36±3	
Ruim	Primavera	324±27	12	220±15	12	14±2	12	20±3	12	958±38	12	42±8	12
	Verão	951±255	12	195±18	12	14±2	12	17±3	12	1349±53	12	29±4	12
	Outono	519±38	12	240±17	12	17±2	12	20±3	12	1277±830	12	29±51	12
	Inverno	260±255	8	214±25	8	12±2	8	32±3	8	968±71	8	54±6	8
	Média	536±80		218±9		14±1		22±2		1133±478		38±3	

n* = número de repetições da média

demonstrando a grande variação nos teores dos micronutrientes nestes componentes da serapilheira.

Os teores médios anuais de Fe, Mn, Al e B foram menores nos cones, ao passo que o teor de Cu e Zn foi menor nas acículas.

Os maiores teores de Fe e Al foram encontrados no componente miscelânea, e, os maiores teores de Mn, nas acículas. Os mais altos teores de Cu, Zn e B estavam na fração estróbilos. Este padrão se verificou em todos os sítios.

A comparação do teor médio entre os sítios mostrou grande variação entre categorias de material e elemento. Pouca generalização pode ser estabelecida. Os mais consistentes parecem ser o elemento Mn, onde os teores obedeceram a relação sítio bom > sítio ruim > sítio médio para todos os componentes da serapilheira exceto os estróbilos, e o elemento Zn onde a relação foi sítio bom > sítio médio > sítio ruim, exceto para a categoria miscelânea.

Quanto aos teores estacionais também se verificou grande variação em função do sítio e categoria de material, ficando difícil estabelecer um padrão geral. Não existiu uma estação definida na qual o teor tenha sido maior ou menor quer por categoria de material quer por sítio ou elemento.

6.2.6 Teores de micronutrientes e Al no total de serapilheira produzida

O teor médio de micronutrientes e Al na serapilheira total está na TABELA 23.

Os maiores teores foram do Al seguindo-se o Mn > Fe >

TABELA 23. TEOR (ppm) ESTACIONAL MÉDIO DE MICRONUTRIENTES E Al NA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE (MÉDIA DE TODAS AS FRAÇÕES).

SÍTIO	ESTAÇÃO	Fe		Mn		Cu		Zn		Al		B	
Bom	Primavera	177±8	a	308±26	a	9±1	a	16±1	a	792±326	b	34±33	a
	Verão	265±34	a	293±33	a	11±3	a	13±1	a	1015±75	a	24±12	a
	Outono	282±67	a	316±53	a	14±7	a	15±1	a	943±111	a	21±4	a
	Inverno	197±31	a	371±62	a	6±3	a	17±1	a	718±88	b	34±9	a
	Média	230±58	A	322±51	A	10±2	A	15±2	A	867±142	A	28±9	A
Médio	Primavera	212±14	bc	112±9	a	10±0,4	a	21±3	a	769±75	a	36±5	a
	Verão	396±70	a	108±16	a	7±1	a	14±3	b	798±65	a	18±5	a
	Outono	241±19	b	105±6	a	10±1	a	17±5	ab	764±38	a	19±2	b
	Inverno	154±35	c	138±30	a	8±3	a	19±2	ab	689±63	a	32±4	ab
	Média	251±100	A	116±21	A	9±2	A	18±4	A	755±69	A	27±9	A
Ruim	Primavera	168±11	b	336±21	a	11±4	a	16±2	ab	680±21	a	40±5	a
	Verão	322±77	a	322±239	a	10±2	a	10±1	b	810±53	a	19±5	b
	Outono	236±43	ab	415±194	a	9±2	a	13±1	b	791±80	a	27±6	ab
	Inverno	167±39	b	551±185	a	7±2	a	20±3	a	720±118	a	38±7	a
	Média	223±78	A	406±153	A	10±3	A	15±4	A	750±88	A	31±10	A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

B > Zn > Cu.

A análise da variância foi efetuada somente para os teores médios de Fe, Zn, Al e B, uma vez que não se conseguiu homogeneidade da variância dos teores de Mn e Cu.

Não houve diferença significativa entre sítios para nenhum dos elementos analisados estatisticamente. Maiores teores médios de Fe e Zn foram encontrados no sítio médio, de Mn e B no sítio ruim, de Al no sítio bom e o teor de Cu foi igual tanto no sítio bom como no ruim. Os menores teores médios de Fe e Al ocorreram no sítio ruim, de Mn, Cu e B no sítio médio e o menor teor de Zn verificou-se nos sítios bom e ruim que apresentaram valores iguais.

A variação estacional foi maior que a dos macronutrientes.

Os maiores teores de Fe e Al ocorreram no verão e/ou outono. Os maiores teores de Mn ocorreram no inverno. Os maiores teores de Cu verificaram-se na primavera nos sítios médio e ruim, e no outono no sítio bom. Os teores de Zn e B foram maiores na primavera e no inverno.

6.3 QUANTIDADES DE NUTRIENTES RETORNADOS POR HECTARE COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA

Os resultados são apresentados por categoria de material bem como para o total de serapilheira produzida. Os quadros das análises da variância estão nas TABELAS A23 a A44 do Apêndice.

6.3.1 Macronutrientes retornados com as acículas

A quantidade de macronutrientes retornada por hectare e por sítio com as acículas da serapilheira estão nas TABELAS 24 a 28.

No sítio bom retornaram por hectare 38,84 kg de N; 2,69 kg de P; 6,55 kg de K; 16,81 kg de Ca e 4,48 kg de Mg.

No sítio médio os valores encontrados foram : 41,10 kg/ha de N; 2,83 kg/ha de P; 9,72 kg/ha de K; 13,15 kg/ha de Ca e 4,17 kg/ha de Mg.

No sítio ruim as quantidades retornadas foram : 36,85 kg/ha de N; 2,13 kg/ha de P; 3,45 kg/ha de K; 13,78 kg/ha de Ca e 2,18 kg/ha de Mg.

O elemento retornado em maior quantidade em todos os sítios foi o N, seguindo-se $Ca > K > Mg > P$.

A comparação entre sítios mostrou que somente entre as quantidades de N e Ca as diferenças foram não significativas.

As quantidades de P, K, e Mg retornadas no sítio ruim foram menores. A diferença entre os sítios bom e médio não foi estatisticamente significativa para o retorno de Mg e as maiores quantidades de P e K foram depositadas no sítio médio.

As diferenças entre estações do ano foram estatisticamente significativas para todos os elementos. As maiores quantidades de macronutrientes retornaram no outono e, as menores, na primavera com excessão do P e do K cujo menor retorno nos sítios médio e ruim ocorreu no inverno. As diferenças entre outono e verão e primavera e inverno nem

TABELA 24. QUANTIDADE (kg/ha) DE N RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	4,08±0,86	d	0,70±0,22		0,67±0,13		0,84±0,15		0,66±0,06		6,94±1,11	c
	Verão	10,39±1,05	b	1,14±0,64		-		0,23±0,46		0,75±0,08		12,51±2,26	b
	Outono	16,98±1,43	a	0,42±0,16		-		0,16±0,32		0,81±0,09		18,37±1,75	a
	Inverno	7,39±0,78	c	1,09±0,39		-		0,09±0,18		1,68±0,18		10,25±1,30	bc
	Média	9,71±5,00	A	0,84±0,19		0,17±0,10		0,33±0,13		0,97±0,12		12,02±4,56	A
	Total	38,84		3,35	7	0,67		1,32	3	3,90	8	48,07	100
Médio	Primavera	6,98±0,68	c	0,93±0,25		0,34±0,04		0,51±0,18		0,73±0,04		9,55±0,59	b
	Verão	10,78±1,66	b	0,67±0,43		-		1,08±0,44		0,65±0,08		13,51±1,51	b
	Outono	16,00±2,06	a	0,53±0,45		-		-		0,67±0,06		17,21±2,19	a
	Inverno	7,34±1,66	c	0,52±0,37		-		0,16±0,33		1,89±0,19		9,92±2,19	b
	Média	10,28±4,00	A	0,66±0,05		0,44±0,04		0,44±0,15		0,98±0,14		12,46±3,55	A
	Total	41,10		2,65	5	0,39	1	1,75	4	3,94	8	49,86	100
Ruim	Primavera	5,52±0,65	b	0,45±0,25		0,25±0,02		0,28±0,28		0,42±0,04		6,93±0,88	b
	Verão	7,85±2,03	b	0,60±0,16		-		-		0,40±0,06		8,84±2,36	b
	Outono	15,41±3,49	a	0,20±0,27		-		-		0,54±0,02		16,16±3,24	a
	Inverno	8,07±1,23	b	0,10±0,11		-		0,22±0,18		1,15±0,04		9,54±1,41	b
	Média	9,21±4,28	A	0,34±0,07		0,06±0,02		0,12±0,02		0,63±0,08		10,37±4,08	A
	Total	36,85		1,35	3	0,25	1	0,50	1	2,51	6	41,47	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 25. QUANTIDADE (kg/ha) DE P RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	0,30±0,04	b	0,04±0,01		0,05±0,04		0,04±0,01		0,05±0,005		0,49±0,08	b
	Verão	0,85±0,22	a	0,10±0,05		-		0,02±0,04		0,07±0,003		1,04±0,30	a
	Outono	1,18±0,20	a	0,03±0,01		-		0,02±0,01		0,08±0,01		1,31±0,22	a
	Inverno	0,36±0,03	b	0,04±0,03		-		0,01±0,17		0,13±0,02		0,54±0,07	b
	Média	0,67±0,40	B	0,05±0,008		0,01±0,007		0,02±0,01		0,08±0,01		0,84±0,39	A
	Total	2,69	80	0,21	6	0,05	1	0,09	3	0,33	10	3,38	100
Médio	Primavera	0,49±0,23	b	0,06±0,02		0,04±0,02		0,02±0,005		0,04±0,01		0,64±0,22	b
	Verão	0,77±0,12	a	0,07±0,04		-		0,07±0,04		0,04±0,005		0,95±0,09	b
	Outono	1,17±0,23	a	0,04±0,03		-		0,04±0,02		0,05±0,004		1,30±0,28	a
	Inverno	0,40±0,09	b	0,02±0,02		-		0,01±0,02		0,20±0,02		0,63±0,15	b
	Média	0,71±0,35	A	0,05±0,005		0,01±0,009		0,03±0,008		0,08±0,02		0,88±0,34	A
	Total	2,83	80	0,19	5	0,04	1	0,14	4	0,33	10	2,47	100
Ruim	Primavera	0,37±0,17	b	0,03±0,02		0,02±0,001		0,01±0,005		0,03±0,004		0,46±0,16	b
	Verão	0,49±0,09	b	0,04±0,01		-		-		0,02±0,004		0,54±0,11	b
	Outono	0,93±0,19	a	0,01±0,01		-		0,02±0,04		0,05±0,004		1,01±0,19	a
	Inverno	0,34±0,05	b	0,01±0,004		-		0,01±0,01		0,10±0,005		0,46±0,07	b
	Média	0,53±0,27	C	0,02±0,006		0,01±0,004		0,01±0,006		0,05±0,008		0,62±0,27	B
	Total	2,13	86	0,08	3	0,02	1	0,04	2	0,20	8	2,47	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 26. QUANTIDADE (kg/ha) DE K RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	0,69±0,14	b	0,06±0,02		0,10±0,09		0,33±0,08		0,05±0,005		1,22±0,35	b
	Verão	2,26±0,62	a	0,20±0,11		-		0,05±0,10		0,08±0,01		1,58±0,80	a
	Outono	2,75±0,35	a	0,02±0,005		-		0,05±0,06		0,08±0,01		2,90±0,38	a
	Inverno	0,85±0,16	b	0,05±0,02		-		0,06±0,12		0,16±0,02		1,12±0,26	b
	Média	1,64±1,00	B	0,08±0,03		0,02±0,006		0,12±0,05		0,09±0,01		1,96±0,93	B
	Total	6,55		0,33	4	0,10	1	0,49	6	0,34	5	7,82	100
Médio	Primavera	1,77±0,18	b	0,10±0,04		0,09±0,05		0,04±0,02		0,07±0,02		2,07±0,21	b
	Verão	2,85±0,53	a	0,04±0,02		-		0,18±0,10		0,07±0,01		3,14±0,54	ab
	Outono	3,88±0,87	a	0,04±0,03		-		0,18±0,11		0,07±0,01		4,18±1,09	a
	Inverno	1,22±0,40	b	0,02±0,02		-		0,07±0,14		0,26±0,03		1,58±0,41	b
	Média	2,43±1,17	A	0,05±0,008		0,02±0,007		0,12±0,02		0,12±0,02		2,74±1,19	A
	Total	9,72		0,20	2	0,09	1	0,47	4	0,47	4	10,97	100
Ruim	Primavera	0,71±0,09	b	0,03±0,02		0,04±0,02		0,01±0,01		0,05±0,005		0,85±0,11	b
	Verão	0,72±0,12	b	0,04±0,01		-		-		0,03±0,005		0,79±0,14	b
	Outono	1,53±0,75	a	0,01±0,006		-		0,09±0,18		0,04±0,004		1,67±0,80	a
	Inverno	0,49±0,08	b	0,01±0,004		-		0,06±0,08		0,12±0,02		0,67±0,16	b
	Média	0,86±0,54	C	0,02±0,006		0,01±0,005		0,04±0,02		0,06±0,01		1,00±0,55	C
	Total	3,45		0,08	2	0,04	1	0,16	4	0,24	6	3,98	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 27. QUANTIDADE (kg/ha) DE Ca RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SITIO	ESTACAO	Acículas	%	Galhos	%	Estrôbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	1,57±0,38	b	0,44±0,13		0,13±0,09		0,13±0,04		0,16±0,01		2,46±0,33	c
	Verão	4,43±0,52	a	1,04±0,56		-		0,04±0,09		0,30±0,02		5,82±1,56	b
	Outono	7,74±1,18	a	0,24±0,08		-		0,08±0,07		0,18±0,02		8,25±1,29	a
	Inverno	3,07±0,51	b	0,71±0,23		-		0,09±0,02		0,31±0,06		4,10±0,80	bc
	Média	4,20±2,40	A	0,61±0,16		0,03±0,02		0,06±0,02		0,24±0,02		5,15±2,43	A
	Total	16,81	82	2,43	12	0,13	1	0,26	1	0,95	4	20,60	100
Médio	Primavera	1,82±0,78	b	0,71±0,24		0,08±0,04		0,17±0,02		0,17±0,02		2,89±1,24	b
	Verão	3,80±0,29	a	0,51±0,32		-		0,60±0,20		0,25±0,02		5,16±1,12	a
	Outono	5,04±0,41	a	0,38±0,35		-		0,74±0,40		0,11±0,04		6,27±1,19	a
	Inverno	2,49±0,78	b	0,10±0,07		-		0,12±0,24		0,20±0,02		2,91±1,02	b
	Média	3,29±1,39	A	0,42±0,007		0,02±0,009		0,41±0,06		0,18±0,02		4,31±1,82	A
	Total	13,15	76	1,70	10	0,08	1	1,63	9	0,73	4	17,23	100
Ruim	Primavera	1,26±0,13	b	0,27±0,13		0,06±0,02		0,04±0,03		0,11±0,005		1,74±0,30	b
	Verão	3,18±0,52	b	1,04±0,51		-		-		0,11±0,02		4,32±1,54	b
	Outono	6,82±1,94	a	0,11±0,15		-		0,35±0,70		0,08±0,01		7,34±2,45	a
	Inverno	2,52±0,93	b	0,07±0,07		-		0,17±0,18		0,15±0,005		2,91±0,91	b
	Média	3,44±2,36	A	0,37±0,13		0,02±0,007		0,14±0,07		0,11±0,008		4,08±2,57	A
	Total	13,78	84	1,49	9	0,06	>1	0,56	3	0,45	3	16,34	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 28. QUANTIDADE (kg/ha) DE Mg RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	0,46±0,20	c	0,08±0,02		0,07±0,03		0,09±0,02		0,05±0,01		0,75±0,16	c
	Verão	1,22±0,20	b	0,10±0,05		-		0,02±0,03		0,04±0,005		1,38±0,29	b
	Outono	1,89±0,20	a	0,02±0,01		-		0,03±0,02		0,05±0,01		1,99±0,23	a
	Inverno	0,91±0,30	b	0,09±0,03		-		0,01±0,03		0,19±0,06		1,21±0,31	bc
	Média	1,12±0,60	A	0,07±0,01		0,02±0,01		0,04±0,01		0,09±0,02		1,33±0,51	A
	Total	4,48	84	0,29	6	0,07	1	0,15	3	0,33	6	5,33	100
Médio	Primavera	0,54±0,10	c	0,16±0,50		0,05±0,02		0,07±0,04		0,06±0,01		0,88±0,15	c
	Verão	1,14±0,30	a	0,09±0,11		-		0,13±0,06		0,03±0,005		1,40±0,37	ab
	Outono	1,63±0,20	a	0,05±0,05		-		0,10±0,05		0,03±0,005		1,81±0,34	a
	Inverno	0,86±0,20	bc	0,04±0,02		-		0,02±0,05		0,11±0,01		1,03±0,25	bc
	Média	1,04±0,46	A	0,08±0,02		0,01±0,006		0,08±0,01		0,06±0,01		1,28±0,45	A
	Total	4,17	82	0,34	7	0,05	1	0,32	6	0,23	4	5,12	100
Ruim	Primavera	0,26±0,03	b	0,03±0,02		0,02±0,004		0,01±0,01		0,03±0,004		0,36±0,04	b
	Verão	0,39±0,06	b	0,04±0,01		-		-		0,02±0,004		0,44±0,07	ab
	Outono	0,96±0,40	a	0,01±0,01		-		0,05±0,09		0,02±0,002		1,04±0,49	a
	Inverno	0,57±0,20	ab	0,01±0,007		-		0,02±0,01		0,06±0,01		0,65±0,17	ab
	Média	0,55±0,30	B	0,02±0,006		0,01±0,002		0,02±0,009		0,03±0,005		0,62±0,36	B
	Total	2,18	88	0,08	3	0,02	1	0,08	3	0,13	5	2,49	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

sempre foram estatisticamente significativas.

6.3.2 Macronutrientes retornados com os outros componentes da serapilheira produzida

A contribuição dos outros componentes da serapilheira na deposição anual de macronutrientes pode ser vista também nas TABELAS 24 a 28, onde estão as médias e os desvios padrões das médias por estação . O desvio padrão na maioria dos casos foi bastante alto.

Os componentes que mais contribuíram para o total de N e P retornados foram a miscelânea e os galhos, seguindo-se os cones e estróbilos em todos os sítios. O mesmo se verificou para o elemento Mg nos sítios bom e ruim mas não no sítio médio onde maior contribuição foi dada pelos galhos, seguindo-se nesta ordem cones > miscelânea > estróbilos.

Maiores quantidades de Ca retornaram com os galhos em todos os sítios seguindo-se miscelânea > cones > estróbilos.

As maiores quantidades de K por sua vez se deveram às frações miscelânea e cones seguindo-se galhos e estróbilos em todos os sítios.

A variação entre sítios, embora não tenha sido submetida a análise estatística, mostrou que a menor deposição de todos os elementos em todas as frações se deu no sítio ruim. As maiores deposições ocorreram nos sítios bom e médio dependendo do elemento e da fração.

A análise da variação estacional não permitiu generalizações. Praticamente cada elemento, em cada fração e em

cada sítio mostrou um comportamento diferente, com poucas excessões.

O maior retorno de todos os elementos em todos os sítios com a fração miscelânea ocorreu no inverno. Já o menor retorno com a fração galhos ocorreu no verão, mas somente nos sítios bom e ruim. Com esta mesma fração o menor retorno no sítio bom se deu no outono, enquanto que nos sítios médio e ruim se deu no inverno.

6.3.3 Quantidade total de macronutrientes retornados com a serapilheira produzida

Na TABELA 29 e na FIGURA 8 estão as quantidades totais (somatório de todos os componentes) de macronutrientes retornados por hectare com a serapilheira produzida.

No sítio bom retornaram 48,07 kg/ha de N; 3,38 kg/ha de P; 7,82 kg/ha de K; 20,60 kg/ha de Ca e 5,33 kg/ha de Mg.

No sítio médio retornaram por hectare 49,86 kg de N; 3,52 kg de P; 10,97 kg de K; 17,23 kg de Ca e 5,12 kg de Mg.

No sítio ruim as quantidades retornadas foram : 41,47 kg/ha de N; 2,47 kg/ha de P; 3,98 kg/ha de K; 16,34 de Ca e 2,49 kg/ha de Mg.

O retorno se deu na ordem $N > Ca > K > Mg > P$.

As diferenças entre sítios não foram significativas para o retorno de N e Ca.

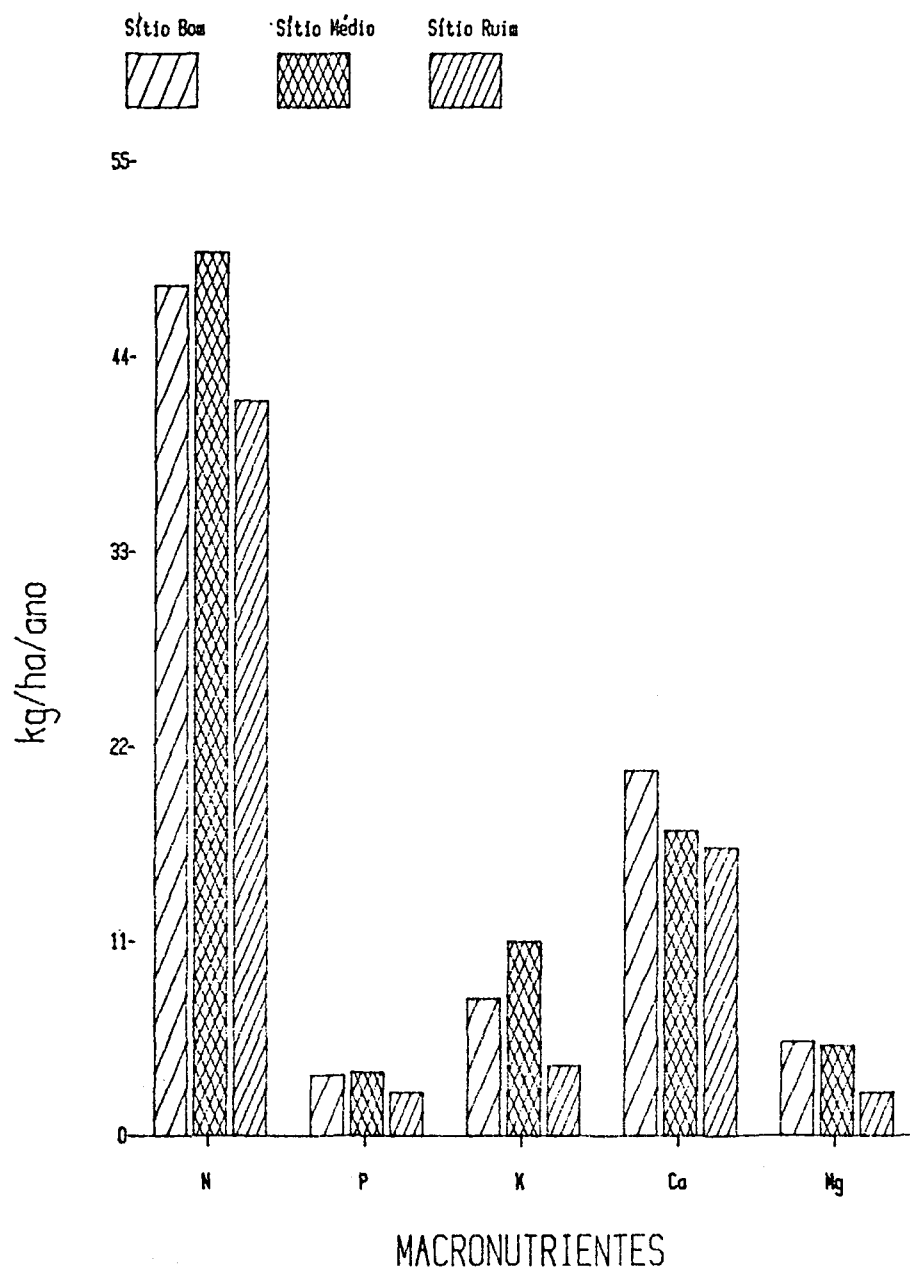
As maiores quantidades de P e Mg retornaram nos sítios bom e médio que não diferiram estatisticamente entre si, e a maior quantidade de K foi depositada no sítio médio. As menores quantidades retornaram sempre no sítio ruim.

TABELA 29. QUANTIDADE TOTAL (kg/ha) DE MACRONUTRIENTES RETORNADOS COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	N		P		K		Ca		Mg	
Bom	Primavera	6,94±1,11	c	0,49±0,08	b	1,22±0,35	b	2,43±0,33	c	0,75±0,16	c
	Verão	12,51±2,26	b	1,04±0,30	a	2,58±0,80	a	5,82±1,56	b	1,38±0,29	b
	Outono	18,37±1,75	a	1,31±0,22	a	2,90±0,38	a	8,25±1,25	a	1,99±0,23	a
	Inverno	10,25±1,30	bc	0,54±0,07	b	1,12±0,26	b	4,10±0,80	bc	1,21±0,31	bc
	Média Total	12,02±4,56 48,07	A	0,84±0,39 3,38	A	1,96±0,93 7,82	B	5,15±2,43 20,6	A	1,33±0,51 5,33	A
Médio	Primavera	9,55±0,59	b	0,64±0,22	b	2,07±0,21	b	2,89±1,24	c	0,88±0,15	c
	Verão	13,18±1,51	b	0,95±0,09	b	3,14±0,54	ab	5,16±1,12	a	1,40±0,37	ab
	Outono	17,21±2,19	a	1,30±0,28	a	4,18±1,09	a	6,27±1,19	a	1,81±0,34	a
	Inverno	9,92±2,19	b	0,63±0,15	b	1,58±0,41	b	2,91±1,02	b	1,03±0,25	bc
	Média Total	12,46±3,55 49,86	A	0,88±0,34 3,52	A	2,74±1,19 10,97	A	4,31±1,82 17,23	A	1,28±0,45 5,12	A
Ruim	Primavera	6,93±0,88	b	0,46±0,16	b	0,85±0,11	b	1,74±0,30	b	0,36±0,04	b
	Verão	8,84±2,36	b	0,54±0,11	b	0,79±0,14	b	4,32±1,54	b	0,44±0,07	ab
	Outono	16,16±3,24	a	1,01±0,19	a	1,67±0,80	a	7,37±2,45	a	1,04±0,49	a
	Inverno	9,54±1,41	b	0,46±0,07	b	0,67±0,16	b	2,91±0,91	b	0,65±0,17	ab
	Média Total	10,37±4,08 41,47	A	0,62±0,27 2,47	B	1,00±0,55 3,98	C	4,08±2,57 16,34	A	0,62±0,36 2,49	B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA 8. QUANTIDADES (kg/ha/ano) DE MACRONUTRIENTES DEPOSITADOS COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.



As maiores quantidades de macronutrientes retornaram no outono em todos os sítios. As menores quantidade de N, Ca e Mg em todos os sítios e de P nos sítios bom e ruim retornaram na primavera enquanto que as menores quantidades de P no sítio médio e K retornaram no inverno.

Dos componentes da serapilheira foram as acículas que contribuíram com a maior porcentagem de macronutrientes (76 a 89%) em todos os sítios. A menor porcentagem coube aos estróbilos (1%). A contribuição dos cones também foi pequena (1 a 9 %), enquanto que a dos galhos foi intermédiaria (2 a 12%) com os maiores valores correspondendo ao elemento Ca. A contribuição da fração miscelânea também foi intermédiaria e mais estável (3 a 10%) com as maiores porcentagens correspondendo aos elementos N e P.

As acículas contribuíram com a maior porcentagem de N (89%); P (84%) e Mg (88%) no sítio ruim comparativamente aos sítios bom e médio .

A diferença entre os sítios bom e médio quanto à participação percentual das acículas no total de N, P e Mg retornados foi pequena.

Para o elemento K a maior contribuição das acículas ocorreu no sítio médio (89%) seguindo-se o sítio ruim (87%) e por último o sítio bom. Já para o elemento Ca foi no sítio médio onde ocorreu a menor contribuição (76%) das acículas.

6.3.4 Micronutrientes e Al retornados com as acículas da serapilheira produzida

A quantidade de micronutrientes e Al depositados com

as acículas pode ser vista nas TABELAS 30 a 35.

No sítio bom foram depositados num ano 730,1 g/ha de Fe; 4333,6 g/ha de Mn; 29,2 g/ha de Cu; 57,6 g/ha de Zn; 5213,1 g/ha de Al e 119,8 g/ha de B .

No sítio médio foram depositados com as acículas : 582,2 g/ha de Fe; 1378,8 g/ha de Mn; 37,3 g/ha de Cu; 57,1 g/ha de Zn; 4519,2 g/ha de Al e 135,6 g/ha de B.

No sítio ruim foram depositadas 507,1 g/ha de Fe; 5079,9 g/ha de Mn; 28,2 g/ha de Cu; 40,8 g/ha de Zn; 4005,2 g/ha de Al e 115,1 g/ha de B.

A diferença entre sítios foi estatisticamente significativa para Fe e Mn.

As maiores quantidades de Fe foram depositadas no sítio bom, seguindo-se o sítio médio e o ruim.

As maiores quantidades de Mn foram depositadas nos sítios ruim e médio que não diferiram entre si, e as menores no sítio bom.

Nos sítios bom e médio a deposição se deu na ordem Fe > Al > Mn > B > Zn > Cu. No sítio ruim a deposição de Mn foi maior do que a de Al.

As diferenças entre as estações foram estatisticamente significativas para todos os elementos.

A maior deposição ocorreu no outono em todos os sítios, embora a diferença entre outono e verão para o retorno de Zn nos sítios médio e ruim não tenha sido estatisticamente significativa.

A menor deposição ocorreu na primavera, e em alguns casos (Cu, Zn) a diferença entre primavera e inverno não foi estatisticamente significativa.

TABELA 30. QUANTIDADE (g/ha) DE Fe RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTACÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	74,1±8	d	30,5±11		18,6±7		15,4±8		28,8±3		167,4±23	b
	Verão	184,9±24	b	57,7±33		-		3,3±7		47,7±5		293,6±89	ab
	Outono	324,1±36	a	26,5±8		-		7,3±7		42,3±10		400,2±54	a
	Inverno	147,0±21	c	23,9±7		-		0,2±0,5		51,1±4		222,3±29	b
	Média	182,5±96	A	34,6±9		4,6±3		6,6±2		42,5±4		270,8±102	A
	Total	730,1	67	138,6	13	18,6	2	26,2	2	169,9	16	1083,5	100
Médio	Primavera	53,4±17	d	68,5±27		11,1±3		16,9±5		32,0±4		182,0±43	bc
	Verão	183,8±35	b	35,6±23		-		15,4±14		97,4±14		332,3±93	a
	Outono	230,6±38	a	30,8±25		-		11,6±5		37,6±4		310,6±77	ab
	Inverno	114,4±33	c	12,1±10		-		1,5±3		32,1±3		160,1±43	c
	Média	145,5±75	B	36,8±6		2,8±1		11,4±2		49,8±8		246,3±99	A
	Total	582,2	59	147,0	15	11,1	1	45,4	5	199,1	20	985,0	100
Ruim	Primavera	49,5±12	c	20,4±11		5,4±0,3		2,7±3		15,6±1		93,6±28	b
	Verão	108,4±21	b	29,7±8		-		-		38,2±9		176,2±43	ab
	Outono	228,0±34	a	9,1±12		-		3,6±7		25,7±1		266,5±32	a
	Inverno	121,2±22	b	3,1±3		-		3,0±3		20,0±1		147,4±26	ab
	Média	126,8±70	C	15,6±3		1,4±0,6		2,3±1		24,9±3		170,9±71	B
	Total	507,1	74	62,3	9	5,4	1	9,3	1	9,995	15	683,7	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 31. QUANTIDADE (g/ha) DE Mn RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	421,2±58	c	47,9±14		17,4±15		11,1±3		19,8±2		517,3±59	c
	Verão	920,1±153	b	59,2±29		-		2,2±4		21,3±2		1002,2±210	b
	Outono	2030,5±205	a	21,5±6		-		4,4±4		23,3±3		2079,8±214	a
	Inverno	961,8±233	b	52,8±18		-		0,4±1		28,5±2		1043,5±264	b
	Média	1083,4±626	B	45,3±9		4,3±3		4,5±2		23,2±1		1160,8±615	A
	Total	4333,6	93	181,4	4	17,4	<1	18,1	<1	92,9	2	4643,4	100
Médio	Primavera	163,4±25	c	26,5±8		6,2±3		3,7±1		7,7±1		207,5±30	b
	Verão	290,9±32	b	22,6±16		-		6,9±3		8,4±1		328,9±66	b
	Outono	627,3±101	a	16,5±16		-		3,8±2		6,5±1		654,1±110	a
	Inverno	297,2±60	c	9,1±7		-		1,2±2		12,0±1		319,4±68	b
	Média	344,7±186	A	18,7±2		1,6±1		3,9±1		8,7±1		377,5±185	B
	Total	1378,8	91	74,7	5	6,2	<1	15,6	1	34,6	2	1509,9	100
Ruim	Primavera	535,7±60	c	33,3±22		7,3±1		2,3±2		10,8±1		589,5±76	c
	Verão	908,8±196	b	43,8±6		-		-		7,7±2		960,3±203	b
	Outono	2363,0±776	a	10,9±15		-		1,7±3		11,9±0,4		2387,4±763	a
	Inverno	1272,2±395	b	6,2±6		-		3,5±3		16,7±1,4		1298,6±397	b
	Média	1269,9±810	A	23,6±5		1,8±0,8		1,9±1		11,7±1		1309,0±799	A
	Total	5079,9	97	94,2	2	7,3	<1	7,5	<1	47,1	1	5235,8	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 32. QUANTIDADE (g/ha) DE Cu RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE. .

SÍTIO	ESTACÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	3,5±1,6	b	1,6±0,6		1,5±0,85		0,7±0,2		1,0±0,2		8,4±2,6	b
	Verão	8,1±1,9	ab	2,1±0,9		-		0,1±0,2		1,3±0,2		11,6±3,7	ab
	Outono	13,5±6,3	a	1,3±0,4		-		0,5±0,4		1,2±0,1		16,4±6,3	a
	Inverno	4,1±0,7	b	1,1±0,6		-		0,03±0,06		1,5±0,4		6,8±1,9	b
	Média	7,3±5,1	A	1,5±0,3		0,38±0,26		0,3±0,1		1,2±0,2		10,8±5,2	A
	Total	29,2		6,1	14	1,5	3	1,3	3	5,0	12	43,2	100
Médio	Primavera	3,7±1,3	b	2,9±0,3		0,6±0,2		1,0±0,4		0,8±0,2		9,0±1,6	b
	Verão	8,1±1,7	b	1,3±1,0		-		1,0±0,6		0,8±0,05		11,2±1,7	b
	Outono	21,4±5,00	a	1,7±1,3		-		1,2±0,8		0,8±0,2		25,2±3,5	a
	Inverno	4,1±3,3	b	0,4±0,4		-		0,2±0,3		1,8±0,4		6,5±4,1	b
	Média	9,3±7,9	A	1,6±0,2		0,15±0,07		0,8±0,1		1,1±0,2		13,0±7,9	A
	Total	37,3	72	6,3	12	0,6	1	3,4	7	4,2	8	51,9	100
Ruim	Primavera	4,6±1,2	b	1,9±1,2		0,6±0,15		0,2±0,1		0,7±0,05		7,9±3,8	b
	Verão	4,8±1,2	b	2,0±0,8		-		-		0,6±0,2		7,4±2,17	b
	Outono	14,1±2,2	a	0,6±0,5		-		0,5±0,9		0,8±0,052		16,0±3,2	a
	Inverno	4,7±1,4	b	0,07±0,4		-		0,2±0,2		1,0±0,2		5,9±1,7	b
	Média	7,0±4,4	A	1,1±0,2		0,15±0,07		0,2±0,1		0,8±0,07		9,3±4,8	A
	Total	28,2	76	4,5	12	0,6	2	0,9	2	3,1	8	37,2	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 33. QUANTIDADE (g/ha) DE Zn RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTACÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	5,2±1,1	c	1,9±0,6		2,1±0,90		5,4±1,6		1,2±0,1		15,8±4,2	a
	Verão	13,2±2,4	b	1,8±1,0		-		0,8±1,5		1,4±0,2		17,2±4,0	ab
	Outono	25,9±2,8	a	1,2±0,4		-		1,9±1,6		2,0±0,2		30,9±2,2	a
	Inverno	13,3±2,7	b	2,7±1,3		-		0,3±0,6		3,8±0,4		20,1±3,7	ab
	Média	14,4±7,9	A	1,9±0,4		0,5±0,3		2,1±0,3		2,1±0,8		21,0±6,9	A
	Total	57,6		7,6	9	2,1	3	8,4	10	8,4	10	84,0	100
Médio	Primavera	14,9±4,1	a	2,5±0,8		1,3±0,3		2,0±0,5		2,9±0,7		23,6±5,1	a
	Verão	13,0±3,0	a	1,1±0,6		-		3,4±1,4		1,2±0,2		18,7±3,4	a
	Outono	17,8±1,6	a	6,8±7,3		-		2,3±1,2		1,4±0,2		28,4±14	a
	Inverno	11,4±2,3	a	0,9±0,6		-		0,8±1,6		4,6±0,4		17,7±3,7	a
	Média	14,3±3,6	A	2,8±0,7		0,3±0,7		2,1±0,3		2,5±0,4		22,1±8,2	A
	Total	57,1	65	11,3	13	1,3	1	8,5	10	10,1	11	88,4	100
Ruim	Primavera	6,9±1,3	b	1,0±0,6		1,0±0,2		0,5±0,7		1,0±0,05		10,5±1,8	ab
	Verão	6,1±1,1	b	0,7±0,2		-		-		0,6±0,5		7,4±2,2	b
	Outono	15,0±5,4	a	0,7±0,8		-		0,8±1,5		1,0±0,05		17,4±5,7	a
	Inverno	12,8±3,6	a	0,3±0,4		-		0,6±0,5		2,5±0,1		16,3±3,8	a
	Média	10,2±4,9	A	0,7±0,09		0,2±0,1		0,5±0,2		1,3±0,2		12,9±5,3	B
	Total	40,8	79	2,7	5	1,0	2	1,9	4	5,1	10	51,6	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 34. QUANTIDADE (g/ha) DE AL RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTACÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	489,6±67	d	134,9±43		59,3±21		107,9±32		100,0±13		891,8±41	c
	Verão	1293,9±148	b	179,2±91		-		15,3±31		159,4±14		1647,9±350	b
	Outono	2553,6±334	a	6135±21		-		38,7±34		142,6±19		2801,2±345	a
	Inverno	876,0±102	c	92,4±56		-		2,5±5		133,4±9		1104,4±167	bc
	Média	1303,3±820	A	118,2±13		14,8±8		41,1±17		133,9±9		1611,3±799	A
	Total	5213,1	81	472,9	7	59,3	1	164,4	3	535,4	8	6445,3	100
Médio	Primavera	534,2±58	d	175,4±52		30,3±7		62,9±16		113,1±12		915,9±129	b
	Verão	1164,3±174	b	150,3±107		-		75,1±25		127,6±15		1517,3±310	b
	Outono	1991,5±146	a	57,7±35		-		46,2±24		101,6±24		2197,1±247	a
	Inverno	829,17778	c	68,4±56		-		13,9±28		111,0±15		1022,4±225	b
	Média	1129,8±578	A	113,0±16		7,6±4		49,5±7		113,3±8		1413,2±564	B
	Total	4519,2	80	451,8	8	30,3	1	198,1	3	453,3	8	5652,7	100
Ruim	Primavera	398,8±47	c	93,2±51		18,8±17		24,7±22		46,8±2		582,3±87	b
	Verão	873,5±196	b	122,2±27		-		-		51,7±6		1047,4±236	b
	Outono	1937,5±376	a	24,9±31		-		29,5±59		63,4±5		2055,3±404	a
	Inverno	795,4±141	b	15,9±18		-		11,4±11		75,0±5		897,7±146	b
	Média	1001,3±622	A	64,0±15		4,7±2,1		16,4±8		59,2±4		1145,7±611	B
	Total	4005,2	87	256,2	6	18,8	<1	65,6	1	236,9	5	4582,7	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

TABELA 35. QUANTIDADE (g/ha) DE B RETORNADA COM A SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTACÃO	Acículas	%	Galhos	%	Estróbilos	%	Cones	%	Miscelânea	%	Total	%
Bom	Primavera	11,4±5,1	c	5,0±1,6		7,2±2,9		1,1±0,2		4,2±0,6		28,9±3,3	b
	Verão	26,4±5,7	b	5,4±2,6		-		0,6±1,3		1,8±0,2		34,2±9,0	b
	Outono	58,4±7,8	a	2,5±0,8		-		0,5±0,5		2,4±0,3		63,9±8,9	a
	Inverno	23,6±1,5	b	6,7±2,8		-		1,3±2,6		5,4±0,5		37,0±6,6	b
	Média	30,0±18,6	A	4,9±1,0		1,8±1,0		0,9±0,1		3,5±0,4		41,0±15,5	A
	Total	119,8		19,6	12	7,2	5	3,5	2	13,8	8	164,0	100
Médio	Primavera	10,6±1,2	c	5,6±1,4		4,2±0,9		1,1±0,05		4,6±0,6		26,1±2,1	b
	Verão	37,7±5,1	a	2,0±1,0		-		1,6±0,6		2,1±0,5		43,4±3,2	b
	Outono	58,3±7,7	a	3,6±3,4		-		0,9±0,6		2,2±0,4		65,1±12,1	a
	Inverno	29,0±7,8	b	3,7±3,1		-		0,9±1,8		5,2±0,6		38,8±9,5	b
	Média	33,9±18,6	A	3,7±0,4		1,1±0,5		1,1±0,08		3,5±0,3		43,3±16,2	A
	Total	135,6		14,9	9	4,2	2	4,5	3	14,1	8	173,4	100
Ruim	Primavera	12,4±1,4	c	3,5±0,4		3,3±0,4		0,8±1,0		1,9±0,4		22,0±6,2	b
	Verão	25,6±7,8	b	2,6±0,6		-		-		1,1±0,2		29,2±8,7	b
	Outono	47,9±9,5	a	1,2±1,4		-		5,1±10,2		1,4±0,3		55,6±19,4	a
	Inverno	29,2±4,5	b	0,9±0,9		-		1,0±0,8		4,1±0,2		35,3±5,1	b
	Média	28,8±14,9	A	2,0±0,3		0,8±0,4		1,7±1,3		2,1±0,4		35,5±16,4	A
	Total	115,1		8,2	6	3,3	2	6,9	5	8,5	6	142,1	100

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

Porcentagens estacionais são relativas ao total da categoria produzida no ano e porcentagens anuais são relativas ao total de serapilheira produzida.

6.3.5 Micronutrientes e Al retornados com os outros componentes da serapilheira produzida

A quantidade média de micronutrientes e Al depositados por hectare, por estação do ano e por sítio, pelos outros componentes da serapilheira pode ser vista nas TABELAS 30 a 35.

As frações que mais contribuíram para a deposição de micronutrientes e Al foram miscelânea e galhos. A maior quantidade de Fe depositado em todos os sítios foi com a fração miscelânea, seguindo-se os galhos > cones > estróbilos. O mesmo se verificou para o Al nos sítios bom e médio, para o Zn e B no sítio ruim.

A fração galhos foi a que mais contribuiu para a deposição de Mn e Cu em todos os sítios, seguindo-se miscelânea > cones > estróbilos. A mesma relação se manteve para o Zn no sítio médio, para o Al no sítio ruim e para o B no sítio médio.

Para os elementos Cu e B no sítio bom a contribuição dos estróbilos foi maior do que a dos cones.

O elemento Zn no sítio bom apresentou padrão diferenciado, com a maior deposição devendo-se a fração miscelânea que igualou-se a contribuição dos cones.

A menor deposição de Fe, Cu, Zn e Al ocorreu no sítio ruim para todos os componentes da serapilheira. O mesmo se deu com a deposição de B, com excessão da fração cone, que foi maior no sítio ruim.

A maior deposição de Mn com todas as frações ocorreu no sítio bom. Para os demais elementos e sítios foi difícil

estabelecer um padrão geral devido a grande variação.

A variação estacional também foi grande em função da fração e do sítio considerado. Pouca generalização pode ser feita. Com a fração galhos, a maior deposição de Fe, Mn, Cu e Al ocorreu na primavera ou verão em todos os sítios. A maior deposição de B ocorreu na primavera só nos sítios médio e ruim. No sítio bom a deposição máxima se deu no inverno. A maior variação foi observada na deposição de Zn : máxima no inverno (sítio bom), no outono (sítio médio) e na primavera (sítio ruim) .

A menor deposição de todos os elementos em todos os sítios com a queda de galhos ocorreu no outono ou inverno, com excessão do B no sítio médio onde o retorno mínimo foi no verão.

Com a fração miscelânea a maior deposição de todos os elementos se deu no verão ou no inverno. Quanto a menor deposição, as únicas generalizações que podem ser feitas referem-se aos elementos Fe, cujo mínimo ocorreu na primavera em todos os sítios, e ao B que ocorreu no verão.

6.3.6 Quantidade total de micronutrientes e Al retornados com a serapilheira produzida

As quantidades médias por estação e o total anual de micronutrientes e Al retornados por hectare com a serapilheira estão na TABELA 36 e nas FIGURAS 9 e 10.

No sítio bom foram depositados num ano 1083,5 g/ha de Fe; 4643,4 g/ha de Mn; 43,2 g/ha de Cu; 84,0 g/ha de Zn; 6445,2 g/ha de Al e 164,0 g/ha de B .

No sítio médio as quantidades depositadas foram :

TABELA 36. QUANTIDADE TOTAL (g/ha) DE MICRONUTRIENTES E Al RETORNADOS COM A SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	ESTAÇÃO	Fe		Mn		Cu		Zn		Al		B	
Bom	Primavera	167,4±23	b	517,3±59	c	8,4±2,6	b	15,8±4,2	b	891,8±41	c	28,9±3,3	b
	Verão	293,6±89	ab	1002,8±209	b	11,6±3,7	ab	17,2±4,0	ab	1648,0±350	b	34,2±9,0	b
	Outono	400,2±54	a	2079,8±214	a	16,4±6,3	a	30,9±2,2	a	2801,2±345	a	69,9±8,9	a
	Inverno	222,3±29	b	1043,5±264	b	6,8±1,9	b	20,1±3,7	ab	1104,4±167	bc	37,0±6,6	b
	Média Total	270,8±103	A	1160,8±615	A	10,8±5,2	A	2110±6,9	A	1611,3±799	A	41,0±15,5	A
		1083,5		4643,4		43,2		84,0		6445,2		164,0	
Médio	Primavera	182,0±43	bc	207,5±30	b	9,0±1,6	b	23,6±5,1	a	916,0±129	c	26,1±2,6	b
	Verão	332,3±92	a	328,9±66	b	11,2±1,7	b	18,7±3,4	a	1517,3±310	b	43,4±3,2	a
	Outono	310,6±77	ab	654,1±110	a	25,2±3,5	a	28,4±13,6	a	2197,1±247	a	65,1±12,1	a
	Inverno	160,1±43	c	319,4±68	b	6,5±4,1	b	17,7±3,7	a	1022,4±225	c	38,8±9,5	b
	Média Total	246,3±99	A	377,5±184	B	13,0±7,9	A	22,1±8,2	A	1413,2±564	AB	43,3±16,2	A
		985,07		1509,9		51,9		88,4		5652,8		173,4	
Ruim	Primavera	93,6±28	b	589,5±76	c	7,9±3,8	b	10,5±1,8	ab	582,4±86	b	22,0±6,2	b
	Verão	176,2±43	ab	960,3±203	b	7,4±2,1	b	742±1,2	b	1047,4±236	b	29,2±8,7	b
	Outono	266,5±32	a	2387,4±768	a	16,0±3,2	a	17,4±5,7	a	2055,3±405	a	55,6±19,4	a
	Inverno	147,4±26	ab	1298,6±397	b	5,9±1,7	b	16,3±3,8	a	897,7±146	b	35,3±5,1	b
	Média Total	170,9±71	B	1309,0±799	A	9,3±4,8	A	12,9±5,3	B	1145,7±611	B	35,5±16,4	A
		683,77		5235,8		37,2		51,6		4582,8		142,1	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA 9. QUANTIDADES (g/ha/ano) DE Cu, Zn E B DEPOSITADOS COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

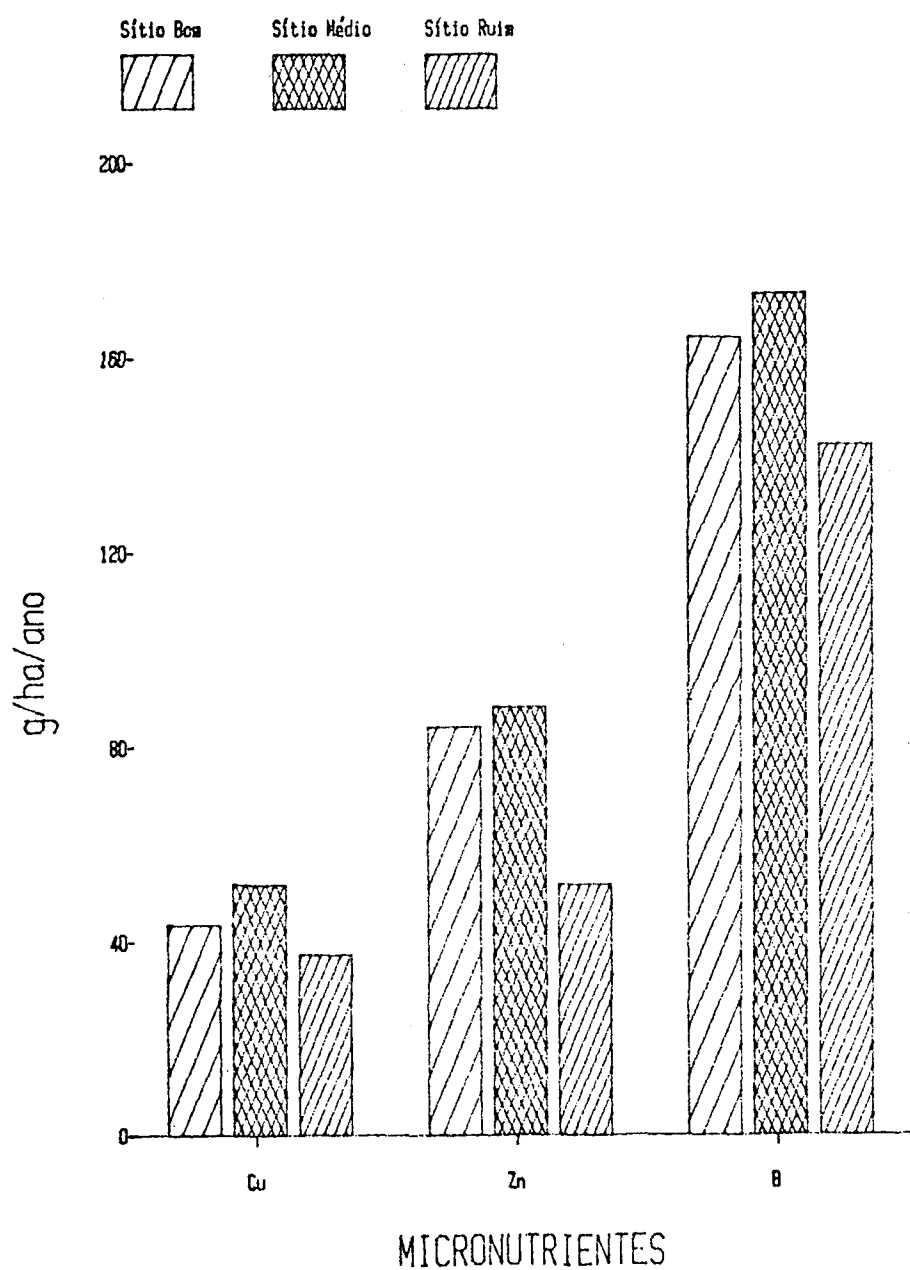
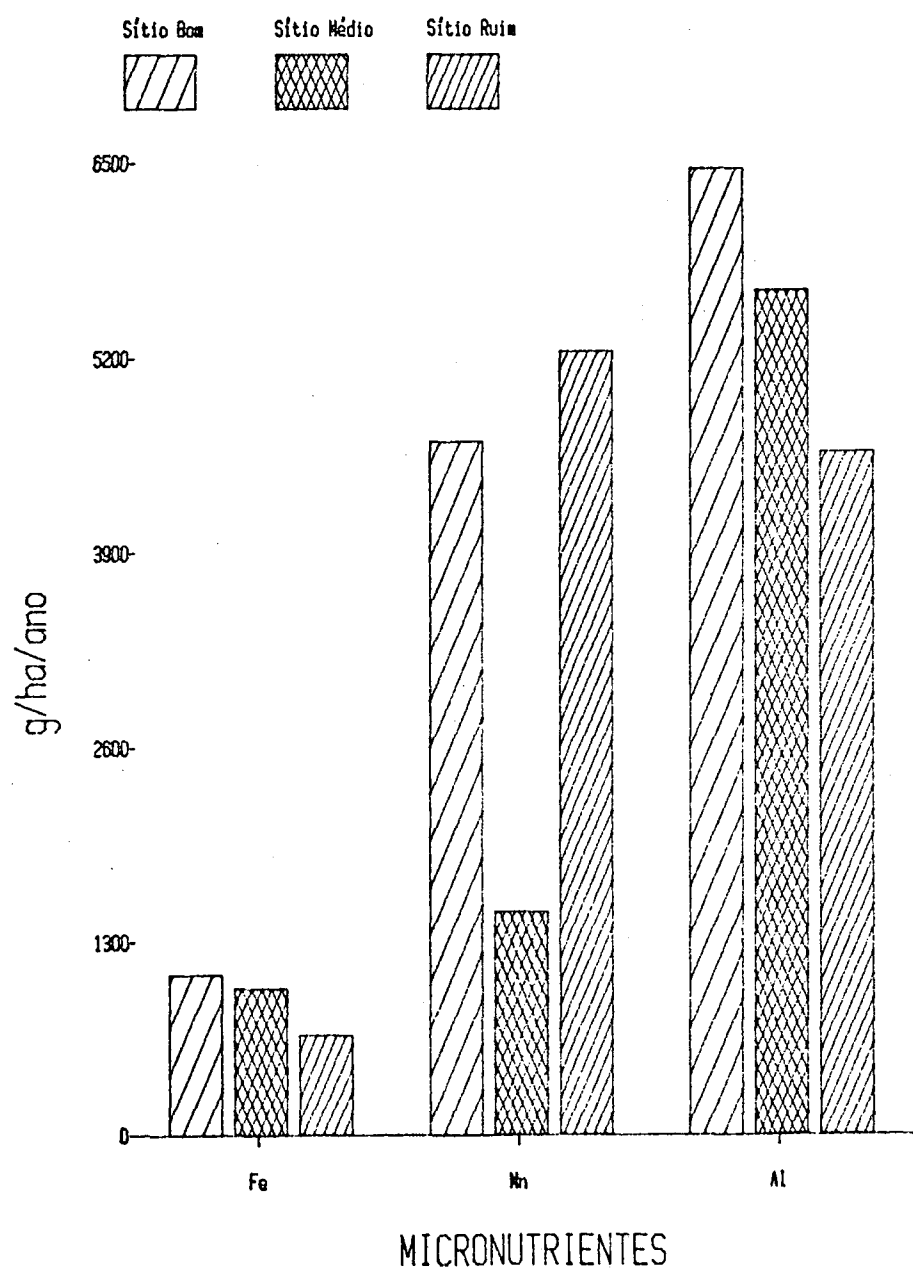


FIGURA 10. QUANTIDADES (g/ha/ano) DE Fe, Mn E Al DEPOSITADOS COM A SERAPILHEIRA DE *Pinus taeda* PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.



985,0 g/ha de Fe; 1509,9 g/ha de Mn; 51,9 g/ha de Cu; 88,4 g/ha de Zn; 5652,8 g/ha de Al e 173,4 g/ha de B .

No sítio ruim foram depositados : 683,7 g/ha de Fe; 5235,8 g/ha de Mn; 37,2 g/ha de Cu; 51,6 g/ha de Zn; 4582,8 g/ha de Al e 142,1 g/ha de B .

A análise estatística demonstrou que as diferenças entre sítios só foram não significativas para o Cu e o B .

As maiores quantidades de Fe, Zn e Al foram depositadas no sítio bom. A diferença entre os sítios bom e médio não foi significativa. As menores quantidades desses elementos retornaram no sítio ruim.

A maior quantidade de Mn que retornou no sítio ruim, foi estatisticamente igual ao sítio bom. A menor quantidade foi depositada no sítio médio .

As diferenças entre estações do ano foram estatisticamente significativas para todos os elementos.

A maior quantidade de todos os elementos em todos os sítios foi depositada no outono, com excessão do Fe no sítio médio que foi maior no verão. Não houve diferença entre outono e inverno quanto ao retorno de Zn no sítio ruim, e, no sítio médio não houve diferença entre as estações. A menor quantidade de todos os elementos foi depositada na primavera e, na maioria dos casos não houve diferença entre primavera e inverno.

Da mesma forma que para os macronutrientes foram as acículas que mais contribuíram para o total de todos os micronutrientes e Al depositados (59 a 97%) . As maiores porcentagens corresponderam ao elemento Mn, onde as acículas contribuíram com 93% (sítio bom), 91% (sítio médio) e 97%

(sítio ruim) do total depositado. A menor contribuição das acículas foi para a deposição de Fe : 67% o sítio bom, 59% no sítio médio e 74% no sítio ruim.

Depois das acículas foi a categoria miscelânea a que mais contribuiu para a deposição de Fe em todos os sítios, seguindo-se a ela os galhos, cones e por último os estróbilos. Esta mesma sequência no percentual de contribuição verificou-se para o Al nos sítios bom e médio.

Para a deposição do Mn, Cu, B em todos os sítios, Al no sítio ruim e Zn no sítio médio a sequência foi acículas > galhos > miscelânea > cones > estróbilos .

A categoria estróbilos foi a que menos contribuiu para a deposição de todos os elementos, embora em alguns casos (Fe nos sítios bom e ruim, Mn em todos os sítios e Cu no sítio ruim) sua contribuição não tenha sido estatisticamente diferente da contribuição dos cones. A deposição de B no sítio bom com esta categoria chegou a ser superior à dos cones.

A deposição de Zn foi a que mostrou maior variação, pois para cada sítio foi observada uma sequência de importância de componentes.

7 DISCUSSÃO

7.1 PESO DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA

Os resultados estão de acordo com o previsto por BRAY e GORHAM⁸ que estabeleceram uma relação linear entre a produção de serapilheira e a latitude em função do seu efeito sobre a temperatura e quantidade de insolação recebida durante a estação de crescimento, que são fatores determinantes de produtividade primária. Considerando a latitude da área estudada (25°03' S) era esperada uma produção total de resíduos orgânicos entre 6 e 8 ton/ha/ano. Somente o sítio bom, no segundo ano produziu serapilheira acima do esperado (9,3 ton/ha/ano - TABELA 9).

Os valores encontrados no entanto são relativamente superiores aos relacionados por GRESHAM²⁶ no seu trabalho de revisão a respeito da queda de serapilheira em plantios de Pinus taeda no sudoeste dos EUA. Naquela região foram encontrados valores desde 4,6 até 7,7 ton/ha/ano, enquanto que o peso médio de serapilheira neste trabalho, nos sítios bom e médio, foi respectivamente 8,7 e 8,2 ton/ha/ano.

Ainda segundo GRESHAM²⁶ de 72 a 80% da serapilheira medida correspondia a acículas, valores estes que são similares aos encontrados no presente trabalho (75,9 a 83,3%) com excessão dos sítios bom e médio no segundo ano de coleta onde

a porcentagem de acículas foi menor (65,2 e 69,6%).

Trabalhos similares realizados no Brasil, embora não com a mesma espécie, nem na mesma região climática, mostraram produções de serapilheira semelhantes (DELITTI¹⁶, POGGIANI⁶³).

Não se observou diferença estatisticamente significativa na serapilheira produzida em função do sítio, a não ser para o total produzido no segundo ano entre o sítio bom e o sítio ruim.

A produção no sítio mais pobre foi um terço daquela do melhor sítio, concordando com BRAY e GORHAM⁸. Seria até certo ponto esperado que num sítio mais pobre onde o crescimento, e portanto a biomassa total, são menores, a produção de serapilheira fossê menor, como demonstrou MILLER⁵⁷ para várias espécies. O autor conseguiu correlações positivas entre o incremento médio anual em volume e a queda de acículas.

Considerando a variedade de fatores que afetam a queda de órgãos das plantas, (ADDICOT e LYON¹, KOZLOWSKI³⁹, OSBORNE⁶¹) pode se tornar bastante complexa a compreensão da variação na queda de serapilheira entre os sítios, e estações.

A queda de serapilheira no sítio ruim foi menor que nos outros sítios embora as diferenças não sejam sempre estatisticamente significativas. O fato da diferença entre o pior e o melhor sítio ser pequena pode ser explicada uma vez que as condições edáficas no sítio ruim, são mais adversas, e isto levaria segundo ADDICOTT e LYON¹, a uma maior intensidade de queda de partes das árvores. Isto se verifica principalmente em relação as acículas, que no sítio ruim, tanto no primeiro como no segundo ano, corresponderam a um percentual maior do total de serapilheira produzida. Pode-se também supor que, no

estágio inicial de desenvolvimento dos povoamentos, o sítio ruim possa ter superado os demais em termos de queda de material. Com a cessação do crescimento, a medida que a fertilidade do sítio ruim for se esgotando, a tendência é esta diferença torna-se mais significativa, uma vez que, sem produção adicional, não há material para cair.

QUINTEROS DOLDÁN⁶⁵, que estudou neste mesmo local a relação entre a altura dominante e os fatores do meio concluiu que os principais fatores limitantes do crescimento da área onde se localizam os povoamentos foram a capacidade de retenção de água no solo associado a profundidade efetiva dos horizontes superficiais, bem com os elementos Zn, N e Cu no solo, características essas que correspondem ao sítio ruim.

Foi no sítio ruim que se constatou também uma menor densidade (750 árvores/ha), o que leva a idéia de que proporcionalmente a queda de serapilheira nestas condições foi maior que nos outros sítios. No entanto na literatura, parece prevalecer a observação de que, após o fechamento das copas a densidade não afeta a produção de serapilheira mesmo comparando sítios diferentes (HEYWARD e BARNETTE * e MULLER ** citados por BRAY e GORHAM⁸).

Com relação a variação estacional na queda, verificou-se em todos os sítios que esta ocorre principalmente no

* HEYWARD, F. e BARNETTE, R.M. Field characteristics and partial chemical analysis of the humus layer of long leaf pine forest soils. Bull. Flo. Agric. Exp. Sta., v. 302. 27 p. 1936

** MULLER, C.M. Untersuchungen uber Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. Forstl. Forsoksv. Dann. v. 17. 287 p. 1945

outono, embora as diferenças entre verão e outono não tenham sido significativas estatisticamente no segundo ano de observação.

A superioridade outonal permaneceu não obstante o fato de a esta estação corresponder um menor número de dias (87 e 63 dias respectivamente) por dificuldades na coleta do material.

A queda de serapilheira observada em florestas temperadas quentes parece indicar que este é um fenômeno que ocorre ao longo do ano, mas que a este padrão se superpõe períodos de máxima que estão associados às condições climáticas e/ou edáficas locais (CHANDLER¹², DELITTI¹⁶, POGGIANI⁶³).

No caso do presente trabalho também não foram encontradas correlações consistentes entre o peso, quer das acículas quer total, com precipitação ou temperatura. No primeiro ano a maior quantidade de precipitação ocorreu no verão, embora a diferença entre o verão e outono seja pequena (TABELA 10). No segundo ano, a maior quantidade de precipitação ocorreu na primavera, estação de menor queda de serapilheira embora novamente a diferença entre primavera e outono seja pequena. Correlações positivas com a umidade relativa do ar não tem sido relatadas na literatura pertinente.

Alguns autores (CHIARANDA et al¹¹, CARPANEZZI¹⁰, POGGIANI⁶³) observaram máximos de produção de serapilheira em espécies de Eucalyptus, coincidindo com estação mais úmida, porém não em função da umidade relativa do ar, mas sim do maior índice pluviométrico.

A abscisão de folhas em espécies não decíduas é um fenômeno relativamente pouco estudado. Alguns casos de abscisão

induzida pela diferença de tensão nos tecidos dentro da zona de abscisão tem sido relatadas, pelo menos para espécies decíduas (ADDICOT e LYON¹). De qualquer modo é a unidade interna a responsável e esta nem sempre está diretamente correlacionada com a umidade relativa do ar.

A pronunciada variação estacional na produção de serapilheira só pode ser verificada para acículas e total, este último muito em função da quantidade de acículas caídas uma vez que sua participação percentual no peso total é bastante elevada.

Com relação aos outros componentes da serapilheira só para estróbilos foi verificada marcada sazonalidade. Os estróbilos são derrubados no inverno e primavera.

A variação estacional na quantidade de estruturas reprodutivas que são eliminadas das árvores está correlacionada com padrões de periodicidade do seu crescimento reprodutivo (KOZLOWSKI³⁹). Após a liberação do pólen e consequente polinização das flores, os órgãos responsáveis pela sua produção perdem a função e sofrem abscisão.

Segundo MIROV⁵⁸ nas espécies do gênero *Pinus* de clima temperado o estróbilo, flor masculina, produtora de pólen, tem sua formação iniciada no final da estação de crescimento, abrindo-se na primavera para libertação do pólen, ocorrendo assim a polinização. O tempo decorrido entre polinização e maturação é 15 meses, englobando 2 verões e um inverno. Uma série de outros autores (JEMISON e KORSTIAN³³, WENGER e TROUSDELL⁸⁷, KRUGMAN e JENKINSON⁴²) já havia observado ou confirmado estas constatações para os EUA.

JANKOVSKI³¹ fez uma avaliação da produção e dissemi-

nação de sementes em povoamentos de Pinus taeda L no Paraná, concluindo que as sementes são dispersadas a partir do final de abril até setembro com máximo em julho (outono-inverno) . Este resultado está de acordo com o observado para outras espécies de Pinus cultivadas no Brasil (MATTOS⁵²) e parece confirmar as afirmações de MIROV⁵⁸ . Portanto, era de se esperar um máximo de queda dos estróbilos que já cumpriram sua função, durante o inverno e a primavera, explicando assim a periodicidade observada neste trabalho.

Com respeito a queda de cones não ocorreu padrão de variação consistente para nenhuma classe de sítio.

Os cones permanecem nas árvores por duas estações de crescimento até a maturação. JANKOVSKI³¹ observou que até um ano após a disseminação de sementes, haviam cones presentes nas árvores. Considerando o que já foi discutido anteriormente a respeito dos muitos fatores que podem afetar a abscisão, esta grande variabilidade era esperada.

DELITTI¹⁶ calculou que uma média de 2,9% do peso da serapilheira de Pinus elliottii correspondia a órgãos reprodutivos (flores, frutos, sementes, estróbilos ou parte destes) o que é um valor relativamente baixo comparado com os encontrados neste trabalho, uma vez que a participação dos órgãos reprodutivos (estróbilos e cones) no peso total da serapilheira variou de 7 até 10,3%. As sementes foram incluídas na categoria miscelânea devido a dificuldade de separação.

As diferenças entre sítios quanto à queda de estróbilos e cones também não são consistentes. Segundo WAKELEY⁸¹ e KRUGMAN e JENKINSON⁴² , a floração e subsequente produção de sementes no gênero Pinus é tanto maior quanto mais fértil for

o sítio. WENGER e TRUSDELL⁸⁷, concluíram que em povoamentos de Pinus taeda que já alcançaram uma produção plena de sementes, as safras de cones variam com o tamanho da árvore, havendo uma estreita correlação entre o número total de cones produzidos e DAP das árvores. Este parece ser um hábito comum sob as condições de intensa competição que ocorre em povoamentos florestais, onde a maioria das estruturas reprodutivas são sempre produzidas pelas árvores mais vigorosas ou seja árvores dominantes (KOZLOWSKI³⁹).

Observando-se os resultados referentes ao primeiro ano de coleta pode se verificar uma supremacia dos sítios melhores na queda de estróbilos e cones. O mesmo não ocorre no segundo ano de coleta para os estróbilos, que caíram em maior quantidade no sítio ruim.

A queda de galhos pode ser resultado de danos mecânicos como vento forte por exemplo, morte e decomposição, secamento, sombreamento ou abscisão. Esses processos, chamados em conjunto de desrama natural são muito variáveis com espécie e região (KOZLOWSKI³⁹).

Valores desde 6,5 até 16,8% de participação de galhos no total de serapilheira produzida foram encontrados no presente trabalho, relativamente altos quando comparados a outros autores (DELITTI¹⁶). Os menores percentuais correspondem ao sítio ruim e os maiores ao sítio bom, concordando com a idéia de que uma maior densidade de árvores estimula a desrama natural, bem como o efeito das características do sítio nas dimensões dos galhos (KOZLOWSKI³⁹, HAWLEY e SMITH²⁸).

Com relação a fração denominada "miscelânea", a variação estacional e/ou entre sítios fica difícil de explicar

em função da diversidade do material que a compõe. Os maiores pesos corresponderam sempre aos melhores sítios e ao inverno. A participação percentual no peso total de serapilheira variou de 3,2 a 8,8% , que são valores bem maiores dos encontrados por DELITTI¹⁶ em povoamentos de *Pinus elliottii* em São Paulo (0,3% a 1,0%).

Quanto a variação anual na produção de serapilheira, vários autores (BRAY e GORHAM⁸, NEMETH⁵⁹, POGGIANI⁶³) tem observado um decréscimo na produção de serapilheira com a idade do povoamento ou fechamento das copas.

Os resultados do presente trabalho mostram no sítio bom, um aumento na quantidade total de serapilheira produzida, o que pode ser atribuído ao aumento na queda de galhos (102%) de um ano para outro (TABELA 5).

Houve efetivamente um decréscimo na produção de acículas em todos os sítios. Os outros componentes aumentaram, mas esse pequeno aumento não chegou a se refletir no total de serapilheira produzida que nos sítios médio e ruim foi um pouco menor no segundo ano de observações.

7.2 TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA

O teor em nutrientes da serapilheira varia com a espécie, variedade, procedência, fatores edáficos, com a parte da planta considerada, com as condições climáticas e com o elemento em si.

Os resultados mostraram que a variação entre sítios, estação do ano e componentes da serapilheira foi maior em relação aos micro do que aos macronutrientes. Os desvios padrões

das médias dos teores dos outros componentes da serapilheira mostrou que a variação no teor é maior que a das acículas, principalmente em relação aos micronutrientes Cu, Zn e B, evidenciando a grande variação no conteúdo de nutrientes nestes tipos de material.

A fração com maior teor de N, P, Fe e Al foi aquela denominada miscelânea, composta de pequenos pedaços de outras categorias incluindo sementes e material de difícil identificação. Considera-se aqui a possibilidade de contaminação com excrementos de pássaros ou pequenos insetos impossíveis de eliminar, que poderia explicar os altos teores, principalmente de N e P.

Os teores de N e P, e também de Mg, Fe, Cu, Zn, e B foram altos nos estróbilos.

Os cones apresentaram teores relativamente altos de Zn comparados com outras frações.

A deposição de outras categorias de serapilheira que não as acículas, pode representar adição de quantidades importantes de nutrientes (DELITTI¹⁶, RAPP et al⁶⁶), podendo melhorar a taxa de decomposição da serapilheira depositada, acelerando a ciclagem, conforme observaram GOSZ et al²⁵.

Os resultados do presente trabalho mostraram que na primavera e no inverno a contribuição percentual dos estróbilos no peso total de serapilheira foi bastante significativa, igualando-se a contribuição da fração miscelânea. Estes dois tipos de material, com seus altos teores de N, P, Mg, Cu, Zn, e B representam adição importante desses elementos ao solo, embora não tenha sido possível realizar análise química nos estróbilos que caíram no

inverno, uma vez que esta queda ocorreu somente a partir do mês de agosto de 1986. Isto seria particularmente importante no sítio ruim em relação ao Zn e Cu que foram considerados por QUINTEROS DOLDÁN⁶⁵ como os elementos limitantes do crescimento naquelas condições.

A variação estacional no teor médio anual de macronutrientes da serapilheira total difere bastante daquela das acículas. O maior teor de todos os elementos a exceção do Ca, ocorreu no inverno, e isto deveu-se aos altos teores da fração miscelânea nesta estação. O maior teor de Ca verificou-se na primavera quando a concentração deste elemento foi alta nas acículas, galhos e também na miscelânea.

Baixos teores de N e P nos cones e galhos eram esperados, uma vez que se constituem nos componentes mais lenhosos da serapilheira.

O inverso ocorreu com o teor de Ca, que foi em todos os sítios, maior nos cones e galhos. Este elemento acumula-se nos tecidos mais velhos e lenhosos, ao contrário dos demais que podem sofrer maior ou menor redistribuição a medida que ocorre a senescência (MILLER⁵⁶⁻⁷, VAN DEN DRIESCHE⁷⁷) ou lixiviação pela ação da água da chuva (MILLER⁵⁷) diminuindo assim sua concentração na serapilheira.

O elemento que mostrou maior variação nos teores, entre componentes e entre sítios foi o K. A facilidade com que este elemento pode ser lixiviado poderia explicar esta variação.

Nas acículas, os teores seguiram a ordem $N > Ca > Mg > P$ como sugerido por CURLIN¹⁵ e $Fe > Al > Mn > B > Zn > Cu$.

O teor de nutrientes das acículas encontrado neste

trabalho foi semelhante áqueles verificados por POGGIANI⁶³ para Pinus caribaea var hondurensis e para Pinus oocarpa em São Paulo e também por DELITTI¹⁶ para Pinus elliottii var elliottii.

Teores relativamente menores de N, P, K e maiores de Ca, Mg, Mn, Cu e Zn foram encontrados por REISSMANN et al.⁶⁹ nas acículas da serapilheira de Pinus taeda no segundo planalto do Paraná.

A concentração dos nutrientes nas acículas da serapilheira é uma função da concentração dos mesmos nas acículas verdes, da redistribuição e da lixiviação. A concentração dos nutrientes nas acículas verdes é determinada principalmente pela taxa de crescimento e suprimento de nutrientes do solo.

As características químicas do solo afetam não só processos relacionados ao suprimento de nutrientes, mas também a decomposição da serapilheira e atividade microbiana e da fauna (KHANA e ULRICH³⁵). A curto prazo, o suprimento de nutrientes para as plantas depende não só de processos físico-químicos, mas também da atividade microbiana. Assim, é de se esperar que uma espécie, crescendo em um sítio bom, ou seja com boa disponibilidade de nutrientes tenha maior concentração dos mesmos na serapilheira (GOSZ²⁴).

Isto explicaria os menores teores médios anuais de macronutrientes (exceto N) nas acículas do sítio ruim, cujas características edáficas não só em relação a nutrientes, mas também a profundidade do horizonte A e capacidade de água disponível são inferiores quando comparadas aos sítios bom e médio.

A menor concentração de nutrientes nas acículas do sítio ruim pode dever-se também a redistribuição que segundo VAN DEN DRIESSCHE⁷⁷ e FLORENCE e CHUONG *, citados por VAN DEN DRIESSCHE⁷⁷, parece ocorrer em maior extensão sob condições de estresse nutricional.

Isto parece não se aplicar aos resultados obtidos neste trabalho, pois embora a diferença entre sítios no teor médio anual de N das acículas seja não significativa estatisticamente, este é maior no sítio ruim (0,70%) comparativamente aos sítios bom (0,66%) e médio (0,68%). As concentrações médias de P também não diferem estatisticamente entre sítios. REISSMANN e ZÖTTL⁶⁸ já haviam verificado teores maiores de N nas acículas verdes de Pinus taeda crescendo em sítios pobres, comparativamente a sítios melhores.

Segundo MILLER⁵⁷, a reutilização de nutrientes através da redistribuição é mais eficiente em árvores que recebem bom suprimento de nutrientes. Sob condições de deficiência, uma grande proporção dos nutrientes nas acículas é incorporado ao tecido estrutural e não pode ser mobilizado.

Considerando que a redistribuição dos nutrientes ocorre porque eles são necessários em locais de crescimento ativo, em sítios muito pobres, onde praticamente a árvore não está crescendo, a redistribuição não é necessária. Assim sendo, a concentração dos elementos móveis nas acículas da serapilheira pode ser maior num sítio ruim comparativamente a sítios melhores onde o crescimento é mais intenso.

* FLORENCE, R.G. e CHUONG, P.H. Australian Forest Research, v.6, p. 1-8. 1974.

O Pinus taeda, segundo SWITZER e NELSON⁷⁴ tem capacidade de redistribuição interna de nutrientes altamente desenvolvida. REISSMANN et al.⁶⁹ concluíram ser esta a hipótese mais provável para explicar a alta taxa de recuo do N e P na serapilheira de Pinus taeda no segundo planalto do Paraná.

QUINTEROS DOLDÁN⁶⁵ analisou as acículas verdes coletadas em julho de 1985 nos mesmos sítios onde foi realizado o presente trabalho. Se comparados os dados encontrados pelo autor com o teor médio anual de nutrientes das acículas da serapilheira (TABELA 37) verificamos uma diminuição nos teores de N, P, K e Zn em todos os sítios, do Cu nos sítios médio e ruim e do B no sítio médio. Os teores de Ca e Mn nos tres sítios e do B nos sítios bom e ruim aumentaram. A diferença entre os teores de N, P, K e Zn foi menor no sítio ruim, comparativamente ao sítio bom, o que confirmaria a hipótese de menor redistribuição em sítios menos férteis. Isto já não se verifica para o Cu, cujo recuo foi maior no sítio ruim.

A redistribuição dos micronutrientes em geral é considerada mais restrita que a de N, P e K (TIFFIN⁷⁶), e as evidências tem demonstrado que ela é grandemente influenciada pelo estado nutricional da árvores em relação aos mesmos.

Os dados disponíveis na literatura sugerem redistribuição do Zn quando seu teor nas acículas é adequado e sua imobilização quando ocorre deficiência (HILL e LAMBERT³⁰). Os resultados do presente trabalho permitem supor redistribuição de Zn, embora QUINTEROS DOLDÁN⁶⁵ tenha considerado o teor deste no solo como limitante ao crescimento, principalmente nos sítios médio e ruim. Em todo caso, a redistribuição foi menor

TABELA 37. TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENTES E Al NAS ACÍCULAS VERDES E NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA DE Pinus taeda PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

SÍTIO	MATERIAL	%					ppm					
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al
Bom	Acículas Verdes *	1,89	0,19	0,64	0,10	0,08	122	237	4	34	14	819
	Acículas Serap. **	0,66	0,05	0,11	0,28	0,08	125	725	5	10	20	850
Médio	Acículas Verdes *	1,80	0,12	0,48	0,11	0,06	131	190	8	18	25	806
	Acículas Serap. **	0,68	0,05	0,16	0,21	0,07	89	214	5	11	20	694
Ruim	Acículas Verdes *	1,74	0,12	0,28	0,28	0,04	166	332	10	13	17	594
	Acículas Serap. **	0,70	0,04	0,07	0,23	0,04	90	901	5	8	21	695

* Teor médio das acículas verdes no inverno. Fonte : QUINTEROS DOLDÁN⁶⁵

** Teor médio anual obtido neste trabalho

nos sítios ruim e médio.

O B é considerado um dos elementos menos móveis no floema, acumulando-se nas acículas mais velhas. Este pode ter sido o caso nos sítios bom e ruim, mas não no sítio médio onde parece ter ocorrido redistribuição, o que também já foi reportado na literatura para Pinus radiata (HILL e LAMBERT³⁰).

A variação estacional no teor de nutrientes da serapilheira também está relacionada a combinação entre lixiviação da copa e redistribuição, sendo influenciada também pela idade dos tecidos que compõe o material coletado.

Invariavelmente os cátions de K, Ca, Mg e Mn são os mais facilmente lixiviados. Dos macronutrientes o K é lixiviado em maiores quantidades. Lixiviações de Zn e Al também tem sido reportadas na literatura (MILLER⁵⁷).

Não foi encontrada correlação significativa entre a precipitação e o teor dos nutrientes neste trabalho o que poderia indicar lixiviação.

MEGURO e DELITTI⁵⁵ mostraram que as transferências de elementos pela água que atravessa o dossel de uma plantação de Pinus elliottii, não eram suficientemente grandes para justificar as diferenças entre as concentrações de nutrientes nas folhas vivas e na serapilheira recém caídas, evidenciando a importância maior da redistribuição.

7.3 QUANTIDADES DE NUTRIENTES RETORNADOS POR HECTARE COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA

A quantidade de nutrientes depositada no solo é uma função da quantidade de serapilheira produzida bem como da

concentração de nutrientes no material que a compõe.

WELLS e JORGENSEN⁸⁵ encontraram valores sensivelmente maiores do que os do presente estudo para o retorno de nutrientes com a serapilheira desta mesma espécie no sul dos EUA.

Os resultados deste trabalho são semelhantes aos obtidos por van LEAR e GOEBEL⁷⁹ também para Pinus taeda na Carolina do Sul, com excessão do N, cujo retorno foi menor naquelas condições. São similares também aos encontrados por POGGIANI⁶³ para Pinus caribaea e Pinus oocarpa em São Paulo. DELITTI¹⁶ encontrou retornos médios menores de P, K, Fe e Mn e maiores de Al tanto para acículas como para o total de serapilheira de Pinus elliottii var elliottii em São Paulo.

As acículas constituem-se no principal componente da serapilheira e foram responsáveis pela maior parte dos nutrientes transferidos para o solo, embora tenham teores intermediários de nutrientes quando comparadas à outras frações.

As quantidades totais de N, Ca, Cu e B retornados não foram diferentes entre os sítios, embora as menores quantidades correspondam ao sítio ruim, assim como para os outros elementos.

A menor deposição dos micronutrientes Fe, Cu, Zn e de Al com os outros componentes da serapilheira também ocorreu no sítio ruim. Isto sem dúvida se deve ao fato de que no sítio ruim a queda de serapilheira foi menor, aliada a menores teores pelo menos de P, K, Mg, Fe, Zn e Al. Altos teores de N, Ca, Mn, Cu e B nos outros sítios não foram suficientes para alterar a diferença entre eles, demonstrando que a quantidade

de material produzido, principalmente acículas, foi mais importante que o teor dos elementos.

Não houve diferença entre os sítios bom e médio quer por categoria de material quer para o total de serapilheira produzida. Isto sugere que diferenças significativas na quantidade de nutrientes depositados só se verificam quando a diferença nas características dos sítios é bastante pronunciada como as existentes entre os sítios bom e ruim.

Para os micronutrientes e Al a variação na contribuição percentual das acículas foi maior. Elas contribuíram com até 97% do total de Mn e com apenas 67% do Fe depositados no sítio bom. Fica assim evidente a importância dos outros componentes da serapilheira como discutido anteriormente. No caso do Fe, Cu, Zn, Al e B, contribuições expressivas se devem as frações miscelânea e galhos, mostrando assim a relevância de se considerar esses outros componentes em estudos de ciclagem de nutrientes.

Para os galhos, sugere-se inclusive outro tipo de amostragem, uma vez que os coletores utilizados no presente trabalho não são os mais adequados devido a grande variação no padrão de queda e nas dimensões dos mesmos.

A variação estacional também demonstra bem a influência da relação peso x teor na quantidade de nutrientes depositados.

A maior deposição de todos os elementos com as acículas ocorreu no outono, estação de máxima queda desta fração. Nos casos onde as diferenças entre verão e outono foram não significativas (P, K, Ca e Mg) isto se deve aos altos teores destes elementos no verão, que depois do outono

é a estação na qual a queda de acículas é maior.

A menor deposição com as acículas se deu na primavera para a maioria dos nutrientes. Nem mesmo o fato de a essa estação corresponderem os maiores teores de alguns desses elementos (N, P, Ca, Mg e Zn) alterou o padrão de deposição, isto porque na primavera a queda de acículas é mínima.

Para outros elementos em que a deposição mínima se deu no inverno, foi também a quantidade de acículas mais do que o teor, o fator determinante.

A deposição de Cu se diferencia da dos demais elementos com pequena ou nenhuma diferença entre primavera e inverno.

Com poucas excessões (K no sítio bom, Fe) o padrão de variação não mudou para o total de serapilheira produzida, indicando que a contribuição dos outros componentes embora bastante variada não foi suficiente para alterar o padrão estabelecido pelas acículas.

No caso do Fe, como já discutido anteriormente, foi a grande quantidade de galhos, com altos teores desse elemento, caídos na primavera a causa provável do aumento na deposição nesta estação.

No caso do K, no sítio bom, o mínimo retorno com as acículas ocorreu na primavera, enquanto que o mínimo retorno com o total de serapilheira ocorreu no inverno. A maior quantidade de cones que continham altos teores de K comparativamente a outros componentes, caídos na primavera em relação ao inverno, parece ter sido a responsável por essa alteração.

8 CONCLUSÕES

1 não houve diferenças estatisticamente significativas entre sítios, quanto a queda de serapilheira, a não ser no total produzido no segundo ano, entre os sítios bom e ruim.

2 a maior quantidade de serapilheira, nos dois anos, foi produzida no outono, seguindo-se o verão, o inverno e a primavera.

3 a produção de serapilheira no segundo ano aumentou 14% no sítio bom e diminuiu 5% no sítio médio e 6% no sítio ruim; em todos os sítios houve diminuição na porcentagem de acículas e um aumento nos outros componentes, principalmente galhos.

4 foram encontradas correlações significativas positivas entre a produção de serapilheira e a umidade relativa do ar.

5 os maiores teores médios de K e Mg da serapilheira total foram verificados no sítio médio e os menores no sítio ruim; os teores médios de N e Ca foram maiores no sítio ruim e menores no sítio bom; o teor médio de P foi igual nos três sítios. Os maiores teores de N, P, K e Mg correspondem ao in-

verno e os de Ca ao verão; os menores teores de N, K e Mg correspondem ao outono e os de Ca, à primavera.

6 os maiores teores médios de Fe e Zn do total de serapilheira produzida ocorreram no sítio médio; de Mn e B no sítio ruim, de Al no sítio bom e o teor de Cu foi igual nos sítios bom e ruim; os menores teores médios de Fe e Al foram verificados no sítio ruim; de Mn, Cu e B no sítio médio e de Zn nos sítios bom e ruim que foram iguais.

7 não houve diferença significativa entre sítios quanto aos teores de P e Ca nas acículas da serapilheira produzida. Os menores teores de K e Mg foram registrados no sítio ruim, os maiores teores de K foram registrados no sítio médio e os de Mg no sítio bom, o que está de acordo com as características do material de origem dos solos. Os teores de N foram menores no sítio bom e maiores no sítio ruim. Os maiores teores de todos os macronutrientes ocorreram na primavera e verão e os menores no outono e inverno.

8 não houve diferença significativa entre sítios quanto aos teores de Cu e B nas acículas. Os menores teores de Fe e Zn foram registrados no sítio ruim e, os de Mn e Al no sítio médio. Os maiores teores de Fe, Zn e Al ocorreram no sítio bom e os de Mn no sítio ruim.

9 a variação nos teores (entre sítios e estações) tanto de macro como de micronutrientes e Al nos outros componentes da serapilheira foi maior do que aquela das acículas.

10 as acículas contribuíram com 76 a 89% dos macronutrientes e 59 a 97% dos micronutrientes depositados.

11 as maiores quantidades de macronutrientes foram depositadas nos sítios bom e médio, e as menores no sítio ruim, exceto N e Ca, que não mostraram diferenças significativas entre sítios; as maiores quantidades de macronutrientes retornaram no outono e as menores na primavera (N, Ca, Mg) e inverno (P, K).

12 as maiores quantidades de Fe, Zn e Al que não diferiram entre si foram depositadas nos sítios bom e médio e as menores no sítio ruim; a maior quantidade de Mn foi depositada no sítio ruim que não foi diferente do sítio bom; não houve diferenças significativas entre sítios quanto ao retorno de Cu e B; as maiores quantidades de micronutrientes retornaram no outono e verão e as menores na primavera e inverno; o retorno de Zn mostrou grande variação estacional em função do sítio.

13 com excessão do retorno de Mn, a diferença entre as características dos sítios bom e médio não resultou em diferença na produção de serapilheira ou deposição de nutrientes.

SUMMARY

The seasonal pattern and quantity of litter fall were studied in three 15 years old *Pinus taeda* L plantations in the Ponta Grossa - PR region during two years. In the first year, the stand in a high quality site produced 8.2 ton/ha of litter, 77% of which were needles. Approximately 48.07; 3.38; 7.82; 20.60; and 5.33 kg/ha of N, P, K, Ca and Mg; 1083.5; 4643.4; 43.2; 0.84; 6445.0 and 164.0 g/ha of Fe, Mn, Cu, Zn, Al and B respectively were returned in annual litter fall. The stand in a site of medium quality produced 8.4 ton/ha of litter, 78% of which were needles. The annual nutrient return was 49.86; 3.52; 10.97; 17.23; and 5.12 kg/ha of N, P, K, Ca and Mg; 985.0; 1509.0; 51.9; 0.88; 5653.0 and 173.4 g/ha of Fe, Mn, Cu, Zn, Al and B. The stand in a poor site produced 6.7 ton/ha of litter, 83% of which consisted of needles. Approximately 41.47; 2.47; 3.98; 16.34; and 2.49 kg/ha of N, P, K, Ca and Mg; 683.7; 5235.8; 37.2; 0.52; 4583.0 and 142.1 g/ha of Fe, Mn, Cu, Zn, Al and B respectively were returned with the litter. In the second year 9.3 ton/ha of litter was produced in the good site, 8.4 ton/ha in the medium quality site and 6.4 ton/ha in the poorest site. The needles comprised 65%, 70% and 76% respectively of the litter. Total quantity of litter fall was significantly higher in the best site only in the second year. There were no site differences in the return of N, Ca, Cu and B. Higher returns of P, K, Mg, Fe, Zn and Al occurred in the better sites and of Mn in the poor site. Peak litter production and nutrient return occurred in Autumn. Nutrient concentration of other litter components was highly variable as compared with needles. Seasonal litter production was significantly correlated with relative humidity of the air.

APÊNDICE

TABELA A1. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO DAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,159	0,079	4,16 *	1,86 ns
Erro Exp.(a)	33	0,643	0,019		
Estação	3	8,578	2,859	238,25 **	
Sítio x Estação	6	0,242	0,040	3,33 **	
Erro Exp.(b)	99	1,186	0,012		
Total	143	10,808			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A2. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO DAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,148	0,074	4,35 *	2,21 ns
Erro Exp.(a)	33	0,577	0,017		
Estação	3	10,004	3,335	277,90 **	
Sítio x Estação	6	0,240	0,040	3,33 **	
Erro Exp.(b)	99	1,203	0,012		
Total	143	12,172			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A3. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO TOTAL DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	4901267	2450633	5,10 *	1,41 ns
Erro Exp.(a)	33	15853136	480398		
Estação	3	92811336	30937112	185,22 **	
Sítio x Estação	6	11329319	1888219	11,30 **	
Erro Exp.(b)	99	16535380	167024		
Total	143	141430440			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A4. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O PESO TOTAL DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 16 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	12959349	6479674	13,40 **	2,22 ns
Erro Exp.(a)	33	15931109	482760		
Estação	3	48386895	16128965	41,23 **	
Sítio x Estação	6	5739901	956650	2,44 *	
Erro Exp.(b)	99	38726546	391177		
Total	143	121743800			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A5. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE N NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,012	0,006	3,00 ns	1,64 ns
Erro Exp.(a)	9	0,019	0,002		
Estação	3	0,641	0,214	106,80 **	
Sítio x Estação	6	0,054	0,009	4,50 **	
Erro Exp.(b)	27	0,057	0,002		
Total	47	0,783			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A6. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE P NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,0002486	0,0001243	0,66 ns	13,87 ns
Erro Exp.(a)	9	0,0003446	0,0001883		
Estação	3	0,0063757	0,0021252	9,02 **	
Sítio x Estação	6	0,0005018	0,0000836	0,35 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,0063566	0,0002354		
Total	47	0,0138273			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A7. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE K NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,066	0,0330	165 **	1,76 ns
Erro Exp.(a)	9	0,002	0,0002		
Estação	3	0,055	0,0183	45,75 **	
Sítio x Estação	6	0,012	0,0020	5,00 **	
Erro Exp.(b)	27	0,010	0,0004		
Total	47	0,145			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A8. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Ca NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,036	0,0180	6,00 *	2,15 ns
Erro Exp.(a)	9	0,030	0,0030		
Estação	3	0,016	0,0050	2,27 ns	
Sítio x Estação	6	0,022	0,0037	1,68 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,059	0,0022		
Total	47	0,163			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A9. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Mg NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,0110	0,005500	550 **	1,16 ns
Erro Exp.(a)	9	0,0001	0,000010		
Estação	3	0,0020	0,000666	3,60 ns	
Sítio x Estação	6	0,0010	0,000166	0,90 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,0050	0,000185		
Total	47	0,0190			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A10. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Fe NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	13360,66	6680,33	46,1 **	1,46 ns
Erro Exp.(a)	9	1304,06	144,89		
Estação	3	3890,22	1296,74	5,31 **	
Sítio x Estação	6	6914,83	1152,47	4,71 **	
Erro Exp.(b)	27	6598,71	244,40		
Total	47	32068,48			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A11. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Mn NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	3,585	1,7920	597,33 **	1,00 ns
Erro Exp.(a)	9	0,028	0,0030		
Estação	3	0,128	0,0430	7,17 ns	
Sítio x Estação	6	0,021	0,0035	0,58 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,158	0,0060		
Total	47	3,920			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A12. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Cu NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,375	0,1875	0,13 ns	0,99 ns
Erro Exp.(a)	9	12,688	1,4098		
Estação	3	46,063	15,3543	4,99 **	
Sítio x Estação	6	34,625	5,7708	1,88 ns	
Erro Exp.(b)	27	83,062	3,0764		
Total	47	176,813			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A13. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Zn NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,088	0,0440	14,67 **	0,86 ns
Erro Exp.(a)	9	0,029	0,0030		
Estação	3	0,604	0,2010	46,74 **	
Sítio x Estação	6	0,231	0,0385	8,95 **	
Erro Exp.(b)	27	0,116	0,0043		
Total	47	1,068			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A14. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE Al NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,076	0,0380	38,00 *	2,59 ns
Erro Exp.(a)	9	0,009	0,0010		
Estação	3	0,008	0,0030	1,58 ns	
Sítio x Estação	6	0,036	0,0060	3,16 *	
Erro Exp.(b)	27	0,052	0,0019		
Total	47	0,181			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A15. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR DE B NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,010	0,0050	0,58 ns	2,17 ns
Erro Exp.(a)	9	0,077	0,0086		
Estação	3	0,088	0,0293	7,92 **	
Sítio x Estação	6	0,112	0,0187	5,05 **	
Erro Exp.(b)	27	0,100	0,0037		
Total	47	0,387			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A16. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE N NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,004	0,0020	5,00 *	1,79 ns
Erro Exp.(a)	9	0,004	0,0004		
Estação	3	0,018	0,0060	12,08 **	
Sítio x Estação	6	0,002	0,0003	0,60 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,013	0,0005		
Total	47	0,041			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A17. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE K NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,007	0,0035	17,54 **	1,80 ns
Erro Exp.(a)	9	0,002	0,0002		
Estação	3	0,006	0,0020	4,00 *	
Sítio x Estação	6	0,002	0,0003	6,00 **	
Erro Exp.(b)	27	0,013	0,0005		
Total	47	0,030			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A18. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Ca NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,006	0,003	1,00 ns	1,01 ns
Erro Exp.(a)	9	0,031	0,003		
Estação	3	0,079	0,026	13,00 **	
Sítio x Estação	6	0,019	0,003	1,50 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,046	0,002		
Total	47	0,181			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A19. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Fe NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,015	0,0075	1,70 ns	1,57 ns
Erro Exp.(a)	9	0,039	0,0043		
Estação	3	0,571	0,1903	30,20 **	
Sítio x Estação	6	0,106	0,0177	2,81 *	
Erro Exp.(b)	27	0,171	0,0063		
Total	47	0,902			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A20. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Zn NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,041	0,0625	19,50 **	1,75 ns
Erro Exp.(a)	9	0,029	0,0032		
Estação	3	0,223	0,0743	23,90 **	
Sítio x Estação	6	0,043	0,0072	2,30 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,083	0,0031		
Total	47	0,419			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A21. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE Al NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	139325	69662	5,50 *	1,08 ns
Erro Exp.(a)	9	113716	12635		
Estação	3	2081792	69395	22,80 **	
Sítio x Estação	6	849328	14055	4,60 **	
Erro Exp.(b)	27	82346	3050		
Total	47	627894			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A22. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TEOR MÉDIO DE B NO TOTAL DE SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	164,95	82,48	4,09 ns	1,24 ns
Erro Exp.(a)	9	181,35	20,15		
Estação	3	2525,58	841,86	19,30 **	
Sítio x Estação	6	188,35	31,39	0,72 ns	
Erro Exp.(b)	27	1177,91	43,63		
Total	47	4238,14			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A23. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE N DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	9,064	4,532	0,97 ns	1,46 ns
Erro Exp.(a)	9	42,286	4,698		
Estação	3	758,045	252,682	120,50 **	
Sítio x Estação	6	34,525	5,754	2,74 *	
Erro Exp.(b)	27	56,628	2,097		
Total	47	900,548			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A24. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE P DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,017	0,0085	4,47 *	1,30 ns
Erro Exp.(a)	9	0,017	0,0019		
Estação	3	0,270	0,0900	64,29 **	
Sítio x Estação	6	0,016	0,0027	1,93 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,038	0,0014		
Total	47	0,358			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A25. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE K DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,522	0,261	65,25 **	1,16 ns
Erro Exp.(a)	9	0,038	0,004		
Estação	3	0,634	0,211	70,33 **	
Sítio x Estação	6	0,100	0,017	5,67 **	
Erro Exp.(b)	27	0,093	0,003		
Total	47	1,387			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A26. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Ca DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,051	0,0255	2,13 ns	1,54 ns
Erro Exp.(a)	9	0,108	0,0120		
Estação	3	1,404	0,4680	133,71 **	
Sítio x Estação	6	0,056	0,0090	2,57 *	
Erro Exp.(b)	27	0,094	0,0035		
Total	47	1,713			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A27. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Mg DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,168	0,084	28,00 **	1,61 ns
Erro Exp.(a)	9	0,027	0,003		
Estação	3	0,343	0,114	57,00 **	
Sítio x Estação	6	0,032	0,005	2,50 *	
Erro Exp.(b)	27	0,060	0,002		
Total	47	0,630			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A28. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Fe DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	2576,7	1288,35	22,79 **	0,92 ns
Erro Exp.(a)	9	508,7	56,52		
Estação	3	25385,9	8461,97	111,37 **	
Sítio x Estação	6	1739,0	289,83	3,81 **	
Erro Exp.(b)	27	2051,4	75,98		
Total	47	32261,7			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A29. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Mn DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	2,861	1,4305	134,9 **	0,88 ns
Erro Exp.(a)	9	0,095	0,0106		
Estação	3	2,415	0,8053	115,0 **	
Sítio x Estação	6	0,036	0,0060	0,86 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,189	0,0070		
Total	47	5,596			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A30. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Cu DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,023	0,0115	0,93 ns	1,39 ns
Erro Exp.(a)	9	0,112	0,0124		
Estação	3	2,872	0,9573	29,46 **	
Sítio x Estação	6	0,305	0,0508	1,56 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,878	0,0325		
Total	47	4,190			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A31. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Zn DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	18622,63	9311,32	10,22 **	1,28 ns
Erro Exp.(a)	9	8203,68	911,52		
Estação	3	76700,84	25566,95	31,36 **	
Sítio x Estação	6	42439,60	7073,27	8,68 **	
Erro Exp.(b)	27	22008,70	815,14		
Total	47	167975,45			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A32. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE Al DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,097	0,0485	7,95 *	0,54 ns
Erro Exp.(a)	9	0,055	0,0061		
Estação	3	2,686	0,8953	229,56 **	
Sítio x Estação	6	0,043	0,0072	1,85 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,106	0,0039		
Total	47	2,987			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A33. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA A QUANTIDADE DE B DEPOSITADA COM AS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,032	0,016	1,14 ns	1,61 ns
Erro Exp.(a)	9	0,130	0,014		
Estação	3	2,867	0,956	119,50 **	
Sítio x Estação	6	0,098	0,016	2,00 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,204	0,008		
Total	47	3,331			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A34. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE N DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	38,98	19,49	3,47 ns	1,02 ns
Erro Exp.(a)	9	50,48	5,61		
Estação	3	589,98	196,66	69,99 **	
Sítio x Estação	6	33,68	5,61	2,00 ns	
Erro Exp.(b)	27	76,00	2,81		
Total	47	789,12			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A35. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE P DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,644	0,322	7,67 *	1,36 ns
Erro Exp.(a)	9	0,381	0,042		
Estação	3	3,637	1,212	41,79 **	
Sítio x Estação	6	0,267	0,044	1,52 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,786	0,029		
Total	47	5,715			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A36. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE K DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,573	0,286	47,67 **	1,22 ns
Erro Exp.(a)	9	0,051	0,006		
Estação	3	0,456	0,152	38,00 **	
Sítio x Estação	6	0,067	0,011	2,75 *	
Erro Exp.(b)	27	0,113	0,004		
Total	47	1,260			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A37. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Ca DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	10,099	5,050	1,64 ns	1,44 ns
Erro Exp.(a)	9	27,697	3,077		
Estação	3	170,572	56,857	50,50 **	
Sítio x Estação	6	8,685	1,448	1,29 ns	
Erro Exp.(b)	27	30,390	1,126		
Total	47	247,443			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A38. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Mg DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	5,018	2,509	23,90 **	1,79 ns
Erro Exp.(a)	9	0,949	0,105		
Estação	3	5,705	1,902	30,68 **	
Sítio x Estação	6	0,671	0,112	1,81 ns	
Erro Exp.(b)	27	1,683	0,062		
Total	47	14,026			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A39. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Fe DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	8675,53	4337,76	13,74 **	1,30 ns
Erro Exp.(a)	9	2840,72	315,64		
Estação	3	24230,63	8076,88	28,79 **	
Sítio x Estação	6	3403,07	567,18	2,02 ns	
Erro Exp.(b)	27	7574,11	280,52		
Total	47	46724,06			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A40. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Mn DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	2,639	1,3200	120 **	0,68 ns
Erro Exp.(a)	9	0,103	0,0110		
Estação	3	1,936	0,6450	86,00 **	
Sítio x Estação	6	0,039	0,0065	0,87 ns	
Erro Exp.(b)	27	0,203	0,0075		
Total	47	4,920			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A41. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Cu DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	10852	5426	3,83 ns	1,02 ns
Erro Exp.(a)	9	12762	1418		
Estação	3	114932	38311	39,24 **	
Sítio x Estação	6	15380	2563	2,62 *	
Erro Exp.(b)	27	26360	976		
Total	47	180286			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A42. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE Zn DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	0,584	0,2920	30,10 **	0,80 ns
Erro Exp.(a)	9	0,087	0,0097		
Estação	3	0,426	0,1420	11,83 **	
Sítio x Estação	6	0,211	0,0350	2,92 *	
Erro Exp.(b)	27	0,312	0,0120		
Total	47	1,620			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A43. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE A1 DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	174740	87370	9,00 **	1,59 ns
Erro Exp.(a)	9	87370	9708		
Estação	3	1706272	568757	113,18 **	
Sítio x Estação	6	66939	11156	2,22 ns	
Erro Exp.(b)	27	135666	5025		
Total	47	2170987			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA A44. ANÁLISE DA VARIÂNCIA PARA O TOTAL DE B DEPOSITADO COM A SERAPILHEIRA PRODUZIDA AOS 15 ANOS DE IDADE.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	X ²
Sítio	2	51825	25912	2,73 ns	1,72 ns
Erro Exp.(a)	9	85478	9498		
Estação	3	837120	279040	35,87 **	
Sítio x Estação	6	23204	3867	0,50 ns	
Erro Exp.(b)	27	210022	7779		
Total	47	1207649			

n.s - não significativo

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ADDICOTT, F.T. e LYON, J.L. Physiological ecology of abscission. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Shedding of plant parts. New York: Academic Press, 1973. p. 85-124.
- 2 ARAÚJO, J.C. Fenologia de essências florestais amazônicas I. Boletim do INPA. Série Pesquisas Florestais, Manaus, n.4, p.1-25, 1970.
- 3 ATTIWILL, P. Energy, nutrient flow, and biomass. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP ON PRODUCTIVITY IN PERPETUITY, 1981. Canberra. Proceedings. Canberra: CSIRO, 1981. p. 131-147.
- 4 BARROS, N.F, e BRANDI, R.M. Influência de tres espécies florestais sobre a fertilidade do solo de pastagem em Viçosa, MG. Brasil Florestal, Rio de Janeiro, v.6, n.21, p.24-29, 1975.
- 5 BASSON, W.D., BOHMER, R.G. e STANTON, D.A. An automated procedure for the determination of boron in plant tissue. Analyst, London, v.94, p.1135-1141, 1969.
- 6 BEATON, J.D. et al. Concentration of micronutrients in foliage of three coniferous tree species in British Columbia. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.26, p.299-302, 1965.
- 7 BRASIL. Ministério da Agricultura. Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados a agricultura. Brasília. Secretaria de Fiscalização Agropecuária. Divisão de Fiscalização de Corretivos e Fertilizantes. 1983. 86 p.
- 8 BRAY, J.R. e GORHAM, E. Litter production in the forests of the world. Advances in Ecological Research, New York, v.2, p.101-157, 1964.

- 9 BRUM, E.T. Relações entre a altura dominante e fatores do sítio em povoamentos de Pinus elliottii Engelm. na região de Ponte Alta do Norte, SC. Curitiba, 1979. 179 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, 1979.

- 10 CARPANEZZI, A.A. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e uma plantação de Eucalyptus no interior do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1980. 107 p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, 1980.

- 11 CHIARANDA, R., POGGIANI, F. e SIMOES, J.W. Crescimento das árvores e deposição de folheto em talhões florestais plantados em solos alterados pela mineração do xisto. IPEF, Piracicaba, n.25, p.25-28, 1983.

- 12 CHANDLER Jr., R.F. Amount and mineral nutrient content of freshly fallen needle litter of some northeastern conifers. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.8, p.409-11, 1943.

- 13 COLE, D.W. Nutrient cycling in world forests. In: GESSEL, S.P., ed. Forest site and productivity. Dordrecht, Boston, Martinus Nijhoff, 1986. 270 p.

- 14 _____, e RAPP, M. Elemental cycling in forest ecosystems. In: REICHLE, D.E., ed. Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. p. 341-409.

- 15 CURLIN, J.W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest utilization. In: YOUNGBERG, C.T. e DAVEY, C.B., ed. Tree growth and forest soils. Corvallis : Oregon State University Press, 1970. p. 313-325.

- 16 DELITTI, W.B.C. Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, campo cerrado e na floresta implantada de Pinus elliottii var. elliottii. São Paulo, 305 p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, 1984.

- 17 DINIZ, S. Ciclagem de nutrientes associados aos processos de produção e decomposição do folheto em um ecossistema de mata mesófila semidecídua no município de Araras - São Paulo. Rio Claro, 1987. 89 p. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 1987.

- 18 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba: EMBRAPA.SNLCS / SUDESUL / IAPAR, 1984. v.1.

- 19 FIALA, K. Direkte Bestimmung von Bor im Pflanzenmaterial nach der Kurkuminmethode. Plant and Soil, Netherlands, v.38, p.473-476, 1973.

- 20 FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ PARA O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA, DA TECNOLOGIA E DA CULTURA. Inventário nacional das florestas plantadas nos Estados do Paraná e Santa Catarina: relatório final. Curitiba, 1982. 293 p.

- 21 GARRIDO, M.A.de O. e POGGIANI, F. Avaliação da quantidade e do conteúdo de nutrientes do folheto de alguns povoamentos puros e mistos de espécies indígenas. Silvicultura em São Paulo, São Paulo, n.15/16, p.1-22, 1981-1982.

- 22 GODOY, H., CORRÊA, A.C. e SANTOS, D. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. Manual agropecuário do Paraná. Londrina, 1976. p. 1-37.

- 23 GOSS, J.A. Physiology of plants and their cells. New York: Pergamon Press, 1973. 457 p.

- 24 GOZS, J.R. Biological factors influencing nutrient supply in forest soils. In: BOWEN, G.D. e NAMBIAR, E.K.S., ed. Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. p.119-146.

- 25 _____, LIKENS, G.E. e BORMANN, F.H. Nutrient content of litter fall on the Hubbard Brook experimental forest, New Hampshire. Ecology, v.53, p.769-784, 1972.

- 26 GRESHAM, C.A. Litterfall patterns in mature loblolly and long-leaf pine stands in Coastal South Carolina. Forest Science, Washington, v.28, n.2, p.223-231, 1982.

- 27 HAAG, H.P., ROCHA FILHO, J.V.de C.e OLIVEIRA, G.D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de Eucalyptus e Pinus II. Contribuição das espécies de nutrientes na manta Revista O Solo, Piracicaba, v.70, n.2, p.28-31, 1978.
- 28 HAWLEY, R.C. e SMITH, D.M. Silvicultura práctica. Barcelona: Omega,1972. 554 p.
- 29 HILDEBRAND, C. Manual de análises químicas de solo e plantas. Curitiba: UFPR,1976. 225 p. Mimeografado.
- 30 HILL, J. e LAMBERT, M.J. Physiology and management of micronutrients in forest trees in Australia. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP ON PRODUCTIVITY IN PERPETUITY, 1981. Canberra. Proceedings. Canberra: CSIRO, 1981. p. 93-103.
- 31 JANKOVSKI, T. Avaliação da produção e disseminação de sementes em um povoamento de Pinus taeda L. Curitiba, 1985. 74 p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, 1985.
- 32 JORGENSEN, J.R., WELLS, C.G. e METZ, L.J. The nutrient cycle: key to continuous forest production. Journal of Forestry, Washington, v.73, n.7, p.400-403, 1975.
- 33 JEMISON, G.M. e KORSTIAN, C.F. Loblolly pine seed production and dispersal. Journal of Forestry, Washington, v.42, p.734-741, 1944.
- 34 KABATA-PÊNDIAS, A. e PÊNDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Florida: CRC press, 1984. 315 p.
- 35 KHANNA, P.H. e ULRICH, B. Soil characteristics influencing nutrient supply in forest soils. In: BOWEN,G.D. e NAMBIAR, E.K.S., ed. Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. p.79-117.
- 36 KLINGE, H. e RODRIGUES, W.A. Litter production in an area of terra firme forest. Part I. Litterfall, organic carbon and total N contents of the litter. Amazoniana, Kiel, v.1, n.4, p. 278-302, 1968 a.
- 37 _____ e _____ Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part II. Mineral nutrient content of the litter. Amazoniana. Kiel, v.1, n.4, p

- 38 KNIGHT, P.J. Foliar concentration of ten mineral nutrients in nine Pinus radiata clones during a 15-month period. New Zealand Journal of Forestry Science, Rorotua, v.8, n.3, p.351-368, 1978.
- 39 KOZLOWSKI, T.T. Extent and significance of shedding of plant parts. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Shedding of plant parts. New York: Academic Press, 1973. p.1-44.
- 40 KRAMER, P.J. e KOZLOWSKI, T.T. Physiology of woody plants. New York: Academic Press, 1979. 811 p.
- 41 KRAUSKOPF, K.B. Geochemistry of micronutrients. In : MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M. e LINDSAY, W.L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison: Soil Science Society of America Proceedings, 1972. p.7-40.
- 42 KRUGMAN, J.L. e JENKINSON, J.L. Pinus L. Pine. In: USDA Forest Service. Seeds of woody plants in the United States. Washington: USDA Forest Service, 1974 . p. 598-638.
- 43 LA TORRACA, S.M., HAAG, H.P. e MIGLIORINI, A.J. Recrutamento e exportação de nutrientes por Pinus elliottii var. elliottii em um latossolo vermelho escuro na região de Agudos, SP. IPEF, Piracicaba, n.27, p. 41-47, 1984.
- 44 LOPES, A. S. Manual de fertilidade do solo. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153 p.
- 45 LOPES, M.I.M.S. e GARRIDO, M.A.de O. Teores de micronutrientes na manta orgânica de cerrado e de alguns povoamentos de Pinus. Boletim Técnico. IF, São Paulo, v.40, n.1, p.53-61, Jun. 1986.
- 46 LUNDGREN, B. Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forests in Tanzanian Highlands. Reports in Forest Ecology and Forest Soils, Uppsala, n.31, p.1-426, 1978.
- 47 MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba, Banco de Desenvolvimento do Paraná , 1968. 350 p.

- 48 MADGWICK, H.A.I., JACKSON, D.S. e KNIGHT, P.J. Above ground dry-matter, energy and nutrient content of trees in an age series of Pinus radiata plantations. New Zealand Journal of Forest Science, Rotorua, v.7, p.445-468, 1979.
- 49 MALAVOLTA, E. , VITTI, G. C. , OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba : Associação Brasileira para a pesquisa da potassa e do fosfato, 1989. 201 p.
- 50 MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1986. 674 p.
- 51 MASON, C.F. Decomposição. São Paulo: EPU, 1980. 63 p.
- 52 MATTOS, J.R. Especies de Pinus cultivadas no Brasil. São Paulo: Grupo Editorial Chácaras e Quintais, 1966. 133 p.
- 53 MEDWECKA-KORNAS, A. Plant litter. In: PHILLIPSON, J., ed. Methods of study in quantitative soil ecology : population, production and energy flow. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1971. p. 24-33. (IBP. Handbook, 18)
- 54 MEGURO, M., VINUENZA, G.N. e DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. 1 - Produção e conteúdo de nutrientes minerais do folheto. Boletim de Botânica, São Paulo, v.7, p. 11-31, 1979 (a).
- 55 _____, e DELITTI, W.B.C. Importação e transferência de nutrientes via precipitação em ecossistema florestal de plantação de Pinus elliottii (Mogi_Guacu, SP.). In: REUNIAO ANUAL DA SBPC, 36, 1984. São Paulo. Resumos. São Paulo, SBPC, 1984.
- 56 MILLER, H.G. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and consequences for fertilizer practice. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP ON PRODUCTIVITY IN PERPETUITY, 1981. Canberra. Proceedings. Canberra: CSIRO, 1981. p. 187-189.
- 57 _____. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In: BOWEN, G.D. e NAMBIAR, E.K.S., ed. Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. p. 53-78.

- 58 MIROV, N.T. The genus Pinus. New York: Ronald Press, 1967. 602 p.
- 59 NEMETH, J.C. Dry matter production in young loblolly and slash pine plantation. Ecological Monographs, Durham, v.43, n.1, p. 21-41, 1973.
- 60 NOVAIS, R.S. de F. e POGGIANI, F. Deposição de folheto e nutrientes em plantações florestais puras e consorciadas de Pinus e Liquidambar. IPEF, Piracicaba: v.23, p.1-64, abr. 1983.
- 61 OSBORNE, D. U. Internal factors regulating abscission. In: KOZLOWSKI, T. T., ed. Shedding of plant parts. New York: Academic Press, 1973. p 125-147.
- 62 POGGIANI, F. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de Eucalyptus saligna. IPEF, Piracicaba: n.25, p.37-39, 1983.
- 63 _____. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais de Eucalyptus e Pinus. Implicações silviculturais. Piracicaba, 1985. 211 p. Tese (Livre-docência em Ecologia Florestal e Silvicultura)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1985.
- 64 PRITCHETT, W.L. e LEWELLYN, W.P. Responses of slash pine to phosphorus in sandy soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.4, n.30, p.509-512, 1966.
- 65 QUINTEROS DOLDÁN, M.E. Desenvolvimento da altura dominante de Pinus taeda L como resposta aos estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa. Curitiba, 1987. 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1987.
- 66 RAPP, M., LECLERC, C. e LOSSAINT, P. The nitrogen economy in a Pinus pinea L stand. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v.2, p.221-231, 1979.
- 67 REISSMANN, C. B. Morfologia dos horizontes de humus em florestas de coníferas do Sul do Brasil. Revista do Setor de Ciências Agrárias. Curitiba. v.5, p. 11-16. 1983.

- 68 REISSMANN, C. B. e ZOTTL, H. W. Problemas nutricionais em povoamentos de Pinus taeda em áreas do arenito de formação Rio Bonito. Grupo Guatá. Revista do Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, v.9, n. 1-2, p. 75-80. 1987.

- 69 REISSMANN, C.B. et al. Crescimento e níveis de macro e micronutrientes em Araucaria angustifolia e Pinus taeda sobre solos derivados do Grupo Itararé (Carbonífero). Revista do Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, v.9, n.1-2, p.113-119.

- 70 RIZZO, J.A. CENTENO, A.J., LOUSA, J.S. e FILGUEIRAS, T.S. Levantamento de dados em áreas de cerrado e da flora caducifólia tropical do planalto centro-oeste. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3, 1971. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. p. 103-109.

- 71 ROCHA FILHO, J.V. de C., HAAG, H.P. e OLIVEIRA, G.D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de Eucalyptus e Pinus. I. Distribuição no solo e na manta. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.35, p.113-123, 1978.

- 72 SILVA Jr., M.C., BARROS, N.F. e PINHEIRO, A.L. Concentração de nutrientes e efeito sobre a fertilidade do solo de tres espécies florestais na região de Viçosa, M.G. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 14, 1983. Curitiba, 1983. Anais. Curitiba: SBSCS, 1983.

- 73 STEEL, R.G.D. e TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw-Hill, 1960. 481 p.

- 74 SWITZER, G.L. e NELSON, L.E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (Pinus taeda L) plantation ecosystems: the first twenty years. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.36, n.1, p. 143-147, 1972.

- 75 TAMM, C.O. Nutrient cycling and productivity of forest ecosystems. In: SYMPOSIUM ON THE IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING, 1979. New York. Proceedings. New York: State University of New York, 1979. p.2-21.

- 76 TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. e LINDSAY, W.L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Wis., Soil Science Society of America Proceedings, 1972. p.199-229.

- 77 VAN DEN DRIESCHE, R. Nutrient storage, retranslocation and relationship of stress to nutrition. In: BOWEN, G.D. e NAMBIAR, E.K.S., ed. Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. p.181-209.
- 78 VAN GOOR, C.P. Reflorestamentos com coníferas no Brasil. Aspectos ecológicos dos plantios na região sul, particularmente com Pinus elliottii e Araucaria angustifolia. Boletim do Setor de Inventários Florestais, Rio de Janeiro, v.9, 1965. 88 p.
- 79 VAN LEAR, D.H. e GOEBEL, N.B. Leaf fall and forest floor characteristics in loblolly pine plantations in the South Carolina Piedmont. Soil Science Society of America Journal, 40:116-119, 1976.
- 80 VALERI, S.V. Exportação de biomassa e nutrientes de povoamentos de Pinus taeda L desbastados em diferentes idades. Curitiba, 1988. 164 p. Tese (Doutoramento em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 1988.
- 81 WAKELEY, P.C. Loblolly pine seed production. Journal of Forestry, Washington, v.45, p.676-677, 1947.
- 82 WARING, H.D. Fertilizer experiments in established stands of Pinus radiata using fractionally replicated designs. I. Plantation, 6 years of age, Mt. Slombo forest. A.C.T. Australian Forest Research, Canberra, v.10, p.259-278, 1980.
- 83 WEBSTER, B.D. Anatomical and histochemical changes in leaf abscission. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Shedding of plant parts. New York: Academic Press, 1973. p. 45-83.
- 84 WELLS, C.G. e METZ, L.J. Variation in nutrient content of loblolly pine needles with season, age, soil and position on the crown. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.27, p.90-93, 1963.
- 85 ———, e JORGENSEN, J.R. Nutrient cycling in loblolly pine plantations. In: BERNIER, B. e WINGET, C.H., ed. Forest soil and land management. Quebec, Université de Laval, 1975. p. 137-158.

- 86 _____, WHIGHAN, D. e LIETH, H. Investigation of mineral nutrient cycling in an upland Piedmont Forest. The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, Chapel Hill, v.88, n.2, p.66-78, 1972.
- 87 WENGER, K. F. e TROUSDELL, K. B. Natural regeneration of loblolly pine in the south atlantic coastal plain. Production Research Report, Washington, v.13, 1958. 78 p.
- 88 ZÖTTL, H. W. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands. In: SYMPOSIUM OF FOREST FERTILIZATION, 1973, Paris. Proceedings. Paris: Ministère de l'Agriculture. p. 75-85.